DERWENT-ACC-NO: 1999-431137

DERWENT-WEEK: 200203

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Structured axially extensible external electrode is applied

onto a

stacked solid state actuator

INVENTOR: BINDIG, R; GUENTHER, A

PATENT-ASSIGNEE: CERAMTEC INNOVATIVE CERAMIC ENG

AG[CERAN]

PRIORITY-DATA: 1997DE-1053930 (December 5, 1997)

PATENT-FAMILY:

PAGES LANGUAGE PUB-DATE PUB-NO MAIN-IPC 018 N/A December 18, 2001 JP 2001526465 H01L 041/22 H01L 800 June 10, 1999 N/A W 041/22 000 H01L June 17, 1999 G DE 19753930 A1 041/083-000 September 20, 2000 G (WO 9930374 AT) H01L 041/083 EP 1036419 A1

DESIGNATED-STATES: JP US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE C H DE FR GB IT LI

APPLICATION-DATA:

APPL-DESCRIPTOR PUB-NO

APPL-NO

APPL-DATE

JP2001526465W	N/A	1998WO-EP07899	
December 4, 1998 JP2001526465W	N/A	2000JP-0524828	
December 4, 1998 JP2001526465W DE 19753930A1	Based on N/A	WO 9930374 1997DE-1053930	N/A
December 5, 1997 WO 9930374A1	N/A	1998WO-EP07899	
December 4, 1998 EP 1036419A1	N/A	1998EP-0965233	
December 4, 1998 EP 1036419A1	N/A	1998WO-EP07899	
December 4, 1998 EP 1036419A1	Based on	WO 9930374	N/A

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H01L041/09; H01L041/22; H02N002/02

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19753930A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - An external electrode (5) is applied to a stacked

to a stacked solid state actuator (1) by pressing a three-dimensional axially extensible

electrically conductive structure (5) onto a base metallization (2) which

connects internal electrodes (14) electrically in parallel.

DETAILED DESCRIPTION - External electrodes (5) are applied to stacked solid

state actuators (1) comprising electromechanically active layers with interposed internal metallic electrodes (14), which extend alternately to

opposite sides and which are electrically connected in parallel by a base

metallization (2) connected to an external electrode (5).

The novelty is that the external electrode (5) is a three-dimensional electrically conductive structure which is extensible in the actuator

axis
direction and is pressed onto the basic metallization to produce
electrical
contact at contact points to the basic metallization.

Preferred Features:

The external electrode is pressed onto the base metallization (2) by a temperature resistant shrink foil (10) optionally provided with a fusible lining (11) which melts at below the shrinkage temperature.

A pressure piece (6) is provided between the shrink foil (10) and the external electrode (5) for increasing the radial force of the foil (10) and consists of a metal netting or fabric or a temperature resistant polymer.

The contact faces of the base metallization (2) and the external electrode (5) consist of a heat resistant metal such as hard gold, fine gold, tin, silver, palladium, palladium/nickel or a fine gold covered nickel layer.

The actuator has a foot piece (7) and a head piece which are of cylindrical shape with a circumferential groove (12) for seating of the shrink foil (10) and which consist of steel or a material with a thermal expansion coefficient matching that of the actuator ceramic.

The foot piece (7) has two electrical lead openings (8) insulated with glass, ceramic or heat resistant polymer. The finished shrink foil covered actuator (1) is coated with a conductive metal layer, e.g. by sputtering, and then with a thermally stable polymer.

USE - As an e.g. piezoceramic or electrostrictive actuator.

ADVANTAGE - Use of a structured external electrode (e.g. a corrugated metal

foil) and the preferred shrink foil provides improved external electrode

attachment, electrical insulation, mechanical protection and moisture impermeability so that the actuator can be used under high dynamic loads at up

to 200 deg. C, has a wider range of applications and has a longer service life.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-sectional view of the foot region of an actuator according to the invention.

Monolithic actuator stack 1

Base metallization 2

External electrode 5

Pressure piece 6

Foot piece 7

Lead openings 8

Shrink foil 10

FEP inner coating 11

Groove 12

Internal electrodes 14

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2c/4 TITLE TERMS: STRUCTURE AXIS EXTEND EXTERNAL ELECTRODE APPLY STACK SOLID STATE ACTUATE DERWENT-CLASS: A14 A85 L03 V06 CPI-CODES: A12-E14; L03-D04D; EPI-CODES: V06-M06D; V06-M06D1; **ENHANCED-POLYMER-INDEXING:** Polymer Index [1.1] 018; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F* 7A; H0000 : P0511 Polymer Index [1.2] 018 ; G0759 G0022 D01 D11 D10 D12 D51 D53 D59 D69 F34 F* 7A; H0000 Polymer Index [1.3] 018; ND01; K9416; K9676*R; Q9999 Q7409 Q7330; Q9999 Q9392 Q7330 Polymer Index [1.4] 018; B9999 B4682 B4568 Polymer Index [2.1] 018; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F* 7A; H0000 ; S9999 S1296 S1285 ; P0511 Polymer Index [2.2] 018; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F* 7A; R00976 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D83 F* 7A; S9999 S1285*R; H0022 H0011; P0544 Polymer Index [2.3]

018; ND01; K9416; K9676*R; Q9999 Q7409 Q7330; Q9999

Q9392 Q7330

Polymer Index [2.4]

018; 89999 B5550 B5505; N9999 N7103*R N7034 N7023;

B9999 85425

B5414 B5403 B5276 ; B9999 B4682 B4568

Polymer Index [3.1]

018; P0000

Polymer Index [3.2]

018; ND01; K9416; K9676*R; Q9999 Q7409 Q7330; Q9999

Q9392 Q7330

Polymer Index [3.3]

018 ; K9552 K9483 ; K9712 K9676 ; B9999 B4682 B4568

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1999-127237

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-320869

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

H01L 41/083, 41/22

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/30374

A1

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

17. Juni 1999 (17.06.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP98/07899

(22) Internationales Anmeldedatum; 4. Dezember 1998 (04.12.98)

(30) Prioritätsdaten:

197 53 930.0

5. Dezember 1997 (05.12.97)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CER-AMTEC AG INNOVATIVE CERAMIC ENGINEERING [DE/DE]; Fabrikstrasse 23 - 29, D-73207 Plochingen (DE).

(72) Erfinder; und

- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BINDIG, Reiner [DE/DE]; Hinterlehen 20, D-95463 Bindlach (DE). GÜNTHER, Andreas [DE/DE]; Keltenring 15, D-91233 Speikern (DE).
- (74) Anwälte: SCHERZBERG, Andreas usw.; Dynamit Nobel Aktiengesellschaft, Patentabteilung, D-53839 Troisdoff (DB).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: METHOD FOR MOUNTING EXTERNAL ELECTRODES ON SEMICONDUCTOR ACTUATORS

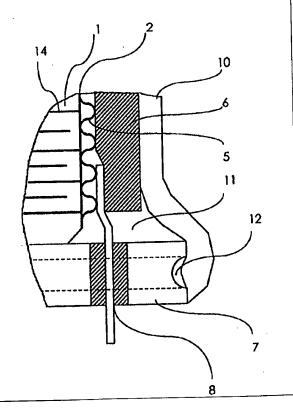
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ANBRINGUNG VON AUSSENELEKTRODEN AN FESTKÖRPERAKTOREN

(57) Abstract

The invention relates to a method for mounting external electrodes (5) on stacked semiconductor actuators (1) consisting of a plurality of thin layers of electromechanically active material with internal metal electrodes (14) which are placed in between and are alternately brought out or insulated. The internal electrodes which protrude above a metallic base coating (2) are electrically connected in parallel and are linked to an external electrode (5). In order to extend the field of application and to increase service life, a three-dimensional electrically conductive structure is used as an external electrode (5). Said structure can be extended in the direction of the actuator axis and the external electrode (5) is pressed against the metallic base coating in order to produce an electrical contact.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden (5) and gestapelten Festkörperaktoren (1), die aus einer Vielzahl dunner Schichten elektromechanisch aktiven Materials mit dazwischen eingebrachten, wechselseitig herausgeführten oder wechselseitig isolierten, metallischen Innenelektroden (14) bestehen, wobei die wechselseitig heraustretenden Innenelektorden (14) über eine Grundmetallisierung (2) elektrisch parallel geschaltet sind und mit einer Außenelektrode (5) verbunden sind. Zur Vergrößerung des Einsatzbereiches und Verlängerung der Lebensdauer wird vorgeschlagen, daß als Außenelektrode (5) eine dreidimensional geformte, elektrisch leitfähige Struktur verwendet wird, die in Richtung der Aktorachse dehnbar ist und die Außenelektrode (5) an die Grundmetallisierung angepreßt wird, um den elektrischen Kontakt über partielle Kontaktstellen zur Grundmetallisierung herzustellen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

L M T U U Z A B B B B B B B B B B B B B B B B B B	Albanien Armenien Osterreich Australien Aserbakischan Bosnien-Herzegowina Barbados Belgien Burkina Paso Bulgarien Benin Brasilien Belarus Kanada Zentralafrikanische Republik Kongo Schweiz Côte d'Ivoire Kamerun China Kuba	ES FI FR GA GB GE GN GR HU IE IL IS FT KE KG KP	Spanien Finnland Frankreich Gabun Vereinigtes Königreich Georgien Ghana Guinea Griechenland Ungarn Irland Israel Island Island Islaien Japan Kenia Kirgisistan Demokratische Volksrepublik Korea Republik Korea Kasachstan	LS LT LU LV MC MD MG MK ML MN MR MN NP NL NO NZ PL PT RO	Lesotho Litauen Luxemburg Lettland Monaco Republik Moldau Madagaskar Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien Mali Mongolei Mauretanien Malawi Mexiko Niger Niederlande Norwegen Neuseeland Polen Portugal Rumänien	SI SK SN SZ TD TG TJ TM TR TT UA UG US UZ YN YU ZW	Slowenien Slowakei Senegal Swasiland Tschad Togo Tadschikistan Turkmenistan Türkei Trinldad und Tobago Ukraine Uganda Vereinigte Staaten von Amerika Usbekistan Victnam Jugoslawien Zimbabwe
CU		KZ LC	Kasachstan St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
)E)K	Deutschland Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden an Festkörperaktoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden an Festkörperaktoren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Festkörperaktoren bestehen in der Regel aus gestapelten dünnen Schichten aktiven Materials (z. B. Piezokeramik, elektrostriktiven Materialien) mit jeweils dazwischen angeordneten leitfähigen Innenelektroden. Außenelektroden verbinden diese Innenelektroden abwechselnd. Dadurch werden die Innenelektroden elektrisch parallel geschaltet und zu zwei Gruppen zusammengefaßt, die die beiden Anschlußpole des Aktors darstellen. Legt man eine elektrische Spannung an die Anschlußpole, so wird diese auf alle Innenelektroden parallel übertragen und verursacht ein elektrisches Feld in allen Schichten aktiven Materials, das sich dadurch mechanisch verformt. Die Summe aller dieser mechanischen Verformungen steht an den Endflächen des Aktors als nutzbare Dehnung und/oder Kraft zur Verfügung.

Die Außenelektroden und deren Fügestellen werden bei vielen Anwendungsfällen durch die fließenden Pulsströme (bis ca. 80 A), die Dehnungsbewegungen (bis ca. 2 ‰) und die Verlustwärme des Aktors (bis 200 °C) sehr hohen elektrischen, mechanischen und thermischen Belastungen ausgesetzt.

Festkörperaktoren werden nach dem Stand der Technik meist als Monolithen ausgeführt, d. h. das aktive Material wird als Folie vor dem Sintern mit Innenelektroden versehen, zu Aktorstapeln verpreßt und dann gesintert, wodurch der monolithische Aktor entsteht. Je nach Fertigungsverfahren treten die Innenelektroden von vorne herein wechselseitig aus dem Monolithen aus, oder aber alle Innenelektroden treten aus dem Monolithen aus und müssen dann wechselweise isoliert werden.

Die Aktoren können auch aus einzelnen, fertig gesinterten und mit Innenelektroden versehenen Scheiben gestapelt werden. Auch hier müssen die Innenelektroden wechselseitig aus dem Stapel herausgeführt werden.

Der gattungsgemäße Stand der Technik wird nachfolgend anhand der Figur 1 beschrieben.

25

30

Auf den Aktorstapel 1 wird im Bereich der herausgeführten Innenelektroden 14 z. B. durch Sputtern, galvanische Verfahren, Siebdruck von Silberpaste, eine Grundmetallisierung 2 aufgebracht. Diese Grundmetallisierung 2 wird verstärkt durch Aufbringen eines metallischen Werkstoffes 3 z. B. durch weitere Siebdruckschritte, Tauchbeschichten, Beloten oder Anlöten eines Bleches. An diese verstärkte Schicht wird der elektrische Anschlußdraht 4 gelötet.

Der Aufbau und die Herstellung derartiger Aktoren und Außenelektroden wird ausführlich beschrieben z. B. in DE 33 30538 A1, DE 40 36 287 C2, US 5 281 885, US 4 845 399, US 5 406 164 und JP 07-226541 A.

Alle derartigen Außenelektroden und deren Fügestellen neigen unter der andauernden elektrischen, mechanischen und thermischen Belastung, die durch den Aktor verursacht wird zur Materialermüdung. In der Regel setzt bereits nach wenigen 10⁷ Belastungszyklen deutlich Rißbildung in den Außenelektroden ein. Die Bauteile versagen meist durch Lichtbogenbildung an diesen Rissen oder durch ablösende Lötverbindungen. Die Betriebstemperatur wird durch Lötverbindungen auf ca. 120 °C begrenzt. Höher schmelzende Weichlote (Au/Sn) sind teuer oder haben eine zu geringe Grundfestigkeit (Pb). Hartlot- oder Schweißverbindungen direkt am Aktor kommen aufgrund der empfindlichen aktiven Aktorwerkstoffe nicht in Frage. Klebeverbindungen weisen eine zu geringe mechanische und thermische Stabilität auf.

Die Problematik der Materialermüdung der Außenelektroden kann durch Verwendung von dreidimensional strukturierten, in Richtung der Aktorachse dehnbaren Elektroden umgangen werden, jedoch müssen auch diese Elektroden mit der Grundmetallisierung verlötet werden. Diese Lötungen sind ihrerseits anfällig für Ermüdungserscheinungen und begrenzen die Einsatztemperatur. Derartige Festkörperaktoren mit dehnbaren Elektroden sind beschrieben in der unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 196 48 545.2.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden an Festkörperaktoren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart zu verbessern, daß der Einsatzbereich vergrößert und die Lebensdauer der Aktoren wesentlich verlängert ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß eine strukturierte Außenelektrode, z.B. eine gewellte Metallfolie (nach P 196 48 545.2), an die Grundmetallisierung gepreßt wird, um den elektrischen Kontakt herzustellen.

10

15

20

25

30

Als Anpreßmedium wird erfindungsgemäß ein PTFE (Polytetrafluorethylen) Schrumpfschlauch verwendet. Neben der Temperaturbeständigkeit bis 260 °C stellt der Schrumpfschlauch eine ausgezeichnete elektrische Isolation der Aktoroberflächen dar und bietet einen guten mechanischen Schutz für den stoß- und bruchempfindlichen Aktor.

Erfindungsgemäß kann auch ein PTFE Schrumpfschlauch mit FEP-Innenbeschichtung (Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer) verwendet werden. Neben der Temperaturbeständigkeit bis 205 °C, dem elektrischen und mechanischen Schutz, bietet diese Methode die Möglichkeit, die sehr feuchtigkeitsempfindlichen Aktoren hermetisch zu verkapseln.

Nachfolgend wird beispielhaft das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Figuren 2a, 2b, 2c beschrieben.

Der monolithisch ausgeführte Aktorstapel 1 wird beidseitig mit einer Grundmetallisierung 2 versehen (siehe Fig. 2c). Diese kann aus jedem leitfähigen Material bestehen, das bis etwa 400 °C thermisch belastbar ist, vorzugsweise wird aber eine galvanisch abgeschiedene Nickelschicht mit bondfähigem Feingoldüberzug verwendet.

Auf diese Grundmetallisierung 2 werden strukturierte Außenelektroden 5 aufgelegt. Diese können aus Drahtgeflecht, Drahtgewirk oder Metallschaum bestehen, vorzugsweise wird gewellte Metallfolie verwendet, die die gleiche galvanische Oberfläche wie die Grundmetallisierung aufweist.

Auf die strukturierten Außenelektroden 5 werden Druckstücke 6 aus thermisch beständigem, elastischen Material aufgelegt, vorzugsweise PTFE, Drahtgewirk oder Drahtgeflecht, die vorzugsweise als Zylinder oder Zylinderabschnitt ausgeformt sind.

Am Boden des Aktorstapels wird das zylindrisch geformte Fußstück 7 positioniert, das zwei isolierte elektrische Durchführungen 8 aufweist. Als Material für das Fußstück kommen gängige Metalle oder Keramikwerkstoffe in Frage, vorzugsweise aber Stahl oder im thermischen Ausdehnungsverhalten dem Aktor angepaßte Legierungen, wie FeNi42 und Aluminiumnitrid. Die durchgeführten Anschlüsse 8 weisen vorzugsweise die gleiche galvanische Oberfläche wie die Grundmetallisierung 2 auf und sind mit Glas, Keramik oder PTFE gegen das Fußstück isoliert. Ihre oberen Enden kommen jeweils auf eine der strukturierten Außenelektroden 5 zu liegen.

20

25

30

Das Fußstück 7 kann mit den an die durchgeführten Drähte 8 angeschweißten strukturierten Außenelektroden 5 und den Druckstücken 6 eine Montageeinheit bilden.

Am Kopf des Aktorstapels wird das zylindrisch geformte Kopfstück 9 positioniert.

5 Es besteht aus dem gleichen Material wie das Fußstück.

Kopf- und Fußstück weisen vorteilhafterweise rundumlaufende Nuten 12 auf um die Dichtwirkung des Schrumpfschlauches 10 zu verbessern.

Über die Anordnung wird ein passender handelsüblicher PTFE Schrumpfschlauch 10 geschoben, der eine unterhalb der Schrumpftemperatur schmelzbare FEP-Innenbeschichtung 11 aufweist. Die Anordung wird nun auf die Schrumpftemperatur von etwa 350 °C gebracht, wobei der Schrumpfschlauch 10 radial und axial schrumpft und die Einzelkomponenten mit hoher Kraft verspannt. Die Innenbeschichtung 11 des Schrumpfschlauches 10 schmilzt und verbindet sich unlösbar und völlig dicht mit den Einzelkomponenten.

Als Ergebnis erhält man einen feuchtigkeitsgeschützten und stoßgeschützten Aktor, der für den Einsatz unter hochdynamischen Bedingungen bis 200 °C gut geeignet ist.

Das beschriebene Verfahren kann analog und besonders vorteilhaft für Aktoren eingesetzt werden, die aus einzelnen, fertig gesinterten Scheiben 13 gestapelt werden (Figuren 3a, 3b). Die Kraft der axialen Schrumpfung des Schrumpfschlauches macht dabei eine Verklebung der Scheiben untereinander überflüssig. Bei geeigneter Formung und Materialauswahl der Innenelektroden 14, vorzugsweise durch eine partiell 15 um die Kanten der Scheiben reichende galvanisch abgeschiedene Nickelschicht mit bondfähigem Feingoldüberzug, kann auf eine Grundmetallisierung verzichtet werden.

Um die PTFE-Schicht völlig wasserdampfundurchlässig zu machen wird das Verfahren erfindungsgemäß wie folgt fortgesetzt:

Der fertig eingeschrumpfte Aktor wird, z. B. mittels Plasmaätzen und anschließendem Sputtern mit Ni/Cu rundum mit einer leitfähigen Metallschicht 16 überzogen, wodurch das vom Aktor ausgehende elektrische Feld abgeschirmt und die Diffusion von Wasserdampf blockiert wird (Figur 4). Anschließend wird der Aktor mit einem thermisch beständigem Polymer 17 umhüllt, z. B. durch abermaliges Einschrumpfen in einen dünnwandigen PTFE Schrumpfschlauch.

25

30

Als Ergebnis erhält man einen hermetisch dichten stoßgeschützten Aktor der für den Einsatz unter hochdynamischen Bedingungen bis 200 °C gut geeignet ist.

Nachfolgend werden die Figuren nochmals der Reihe nach beschrieben.

Figur 1 zeigt als Beispiel einen Festkörperaktor nach dem Stand der Technik, wobei der monolithische Aktorstapel 1 mit wechselseitig herausgeführten Innenelektroden 14 beidseitig mit einer Grundmetallisierung 2 beschichtet ist, die wiederum mit Lot 3 verstärkt ist. An das Lot 3 sind die elektrischen Anschlüsse 4
gelötet. Die gesamte Anordnung ist mit einem handelsüblichen Schutzlack überzogen.

Figur 2a zeigt als Beispiel einen vertikalen mittigen Schnitt durch einen erfindungsgemäß montierten Festkörperaktor, wobei der monolithische Aktorstapel 1 mit wechselseitig herausgeführten Innenelektroden 14 beidseitig mit einer Grundmetallisierung 2 beschichtet ist, an die mittels des PTFE-Schrumpfschlauches 10 und den Druckstücken 6 die hier nur angedeutete strukturierte Außenelektrode 5 (gewellte Metallfolie) angepreßt wird. Die FEP-Innenbeschichtung 11 des Schrumpfschlauches ist geschmolzen und füllt alle verbliebenen Hohlräume. Das Fußstück 7 mit den elektrisch isolierten Durchführungen 8 und das Kopfstück 9 spannen den Aktor 1 axial und dichten mit den Nuten 12 gegen Umgebungsfeuchtigkeit ab.

20 Figur 2b zeigt einen horizontalen mittigen Schnitt durch den gleichen Aktor, wobei gleiche Zahlen die gleichen Gegenstände bezeichnen.

Figur 2c zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus dem Fußbereich der Figur 2a, wobei gleiche Zahlen wiederum die gleichen Gegenstände bezeichnen.

Figur 3a zeigt als Beispiel einen vertikalen mittigen Schnitt durch einen erfindungsgemäß montierten Festkörperaktor, wobei der Aktorstapel 1 aus einzeln gesinterten Scheiben 13 besteht, deren Flächen galvanisch mit einer Ni/Au-Schicht 14 überzogen sind, die an einer Stelle der Scheibe 15 um deren Rand herumgezogen ist. Mittels des PTFE-Schrumpfschlauches 10 wird die als Zylinderabschnitt geformte, strukturierte Außenelektrode 5 (Drahtgewirk) angepreßt. Die FEP-Innenbeschichtung 11 des Schrumpfschlauches ist geschmolzen und füllt alle verbliebenen Hohlräume. Das Fußstück 7 mit den elektrisch isolierten Durchführungen 8 und das Kopfstück 9 spannen den Aktor 1 axial und dichten mit den Nuten 12 gegen Umgebungsfeuchtigkeit ab.

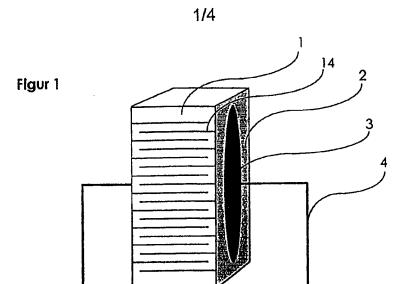
Figur 3b zeigt einen horizontalen mittigen Schnitt durch den gleichen Aktor, wobei gleiche Zahlen die gleichen Gegenstände bezeichnen.

Figur 4 zeigt als Beispiel einen vertikalen mittigen Schnitt durch einen erfindungsgemäß montierten Festkörperaktor entsprechend der Beschreibung unter Figur 2a. Die zusätzliche allseitige metallische Beschichtung 16 verhindert Wasserdampfdiffusion und wird ihrerseits durch den dünnwandigen PTFE-Schrumpfschlauch 17 mechanisch geschützt.

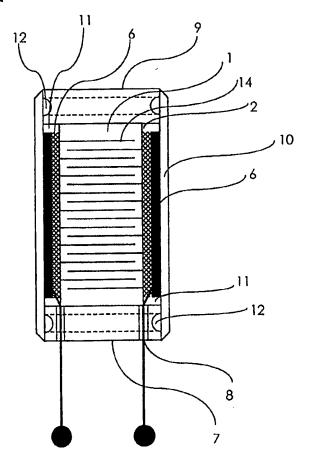
Ansprüche

- Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden (5) an gestapelten Festkörperaktoren (1), die aus einer Vielzahl dünner Schichten elektromechanisch aktiven Materials mit dazwischen eingebrachten, wechselseitig herausgeführten oder wechselseitig isolierten, metallischen Innenelektroden (14) bestehen, wobei die wechselseitig heraustretenden Innenelektroden (14) über eine Grundmetallisierung (2) elektrisch parallel geschaltet sind und mit einer Außenelektrode (5) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß als Außenelektrode (5) eine dreidimensional geformte, elektrisch leitfähige Struktur verwendet wird, die in Richtung der Aktorachse dehnbar ist und die Außenelektrode (5) an die Grundmetallisierung angepreßt wird, um den elektrischen Kontakt über partielle Kontaktstellen zur Grundmetallisierung herzustellen.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Außen-15 elektrode (5) durch einen temperaturfesten Schrumpfschlauch (10) an die Grundmetallisierung (2) gepreßt wird.
 - 3) Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schrumpfschlauch (10) aus PTFE (Polytetrafluorethylen) besteht.
- 4) Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schrumpfschlauch (10) eine schmelzbare Auskleidung (11) aufweist, die unterhalb der Schrumpftemperatur des Schrumpfschlauches (10) schmilzt.
 - 5) Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als schmelzbare Auskleidung (11) FEP (Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer) verwendet wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Druckstücke (6) zwischen dem Schrumpfschlauch (10) und der Außenelektrode (5) angeordnet werden, um die radiale Kraft des Schrumpfschlauches (10) zu verstärken.
- 7) Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Druck-30 stücke (6) als Zylinder oder Zylinderabschnitt ausgeformt sind.
 - 8) Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Material für die Druckstücke (6) ein in Richtung der Aktorachse dehnbares

- Metallgeflecht oder -gewirk oder ein temperaturfestes Polymer wie z. B. PTFE oder PFA (Perfluoralkoxy-Polymer) eingesetzt wird.
- 9) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktflächen von Grundmetallisierung (2) und Außenelektrode (5) aus einem thermisch beständigen Kontaktmetall wie z. B. Hartgold, Feingold, Zinn, Silber, Palladium oder Palladium/Nickel bestehen.
 - 10) Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktflächen von Grundmetallisierung (2) und Außenelektrode (5) aus einer mit bondfähigem Feingold überzogenen Nickelschicht bestehen.
- 10 11) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörperaktor von einem Fußstück (7) und einem Kopfstück (9) abgeschlossen wird, wobei das Fußstück (7) zwei elektrische Durchführungen (8) aufweist, die mit Glas, Keramik oder einem thermisch beständigen Polymer isoliert sind.
- 15 12) Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß Kopfstück (9) und Fußstück (7) zylindrisch ausgebildet sind und umlaufende Nuten (12) zur Verankerung mit dem Schrumpfschlauch (10) aufweisen.
- Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß Kopfstück (9) und Fußstück (7) aus Stahl oder einem im thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Aktorkeramik angepaßten Ausdehnungswerkstoff wie z. B. FeNi42 oder Aluminiumnitrid bestehen.
 - 14) Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das fertig eingeschrumpfte Bauteil bzw. der Festkörperaktor (1) mit einer leitfähigen Metallschicht (16) überzogen wird, z. B. durch Sputtern.
- 25 15) Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil bzw. der Festkörperaktor (1) mit einem thermisch stabilen Polymer (17) überzogen wird, z. B. durch abermaliges Einschrumpfen mit einem PTFE Schrumpfschlauch.

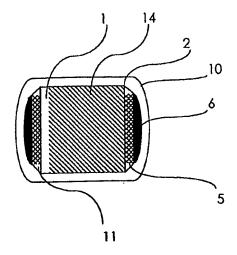


Figur 2a

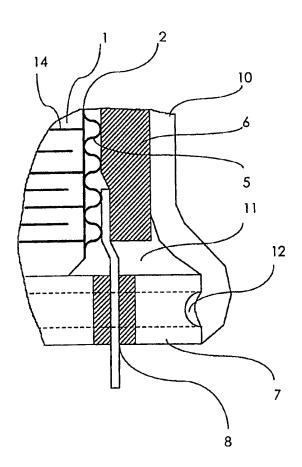


2/4

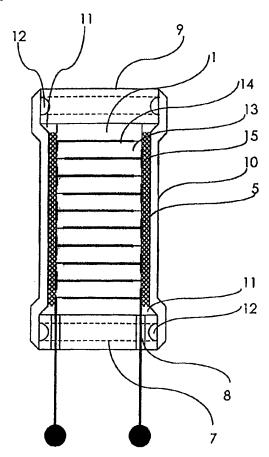
Figur 2b

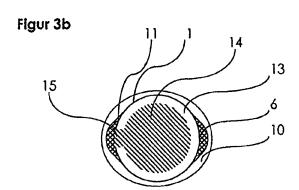


Figur 2c



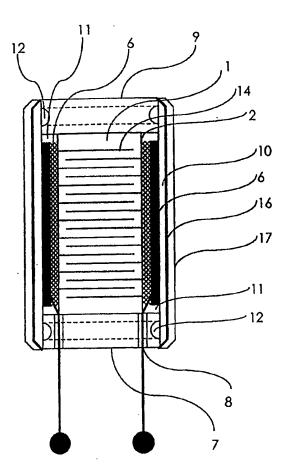
Figur 3a





4/4

Figur 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: Anal Application No PCT/EP 98/07899

PCT/EP 98/07899 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
1PC 6 H01L41/083 H01L41/22 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC **B. FIELDS SEARCHED** Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 H01L H01R Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT Category ° Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No. X PATENT ABSTRACTS OF JAPAN 1,2 vol. 097, no. 001, 31 January 1997 & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13 September 1996 see abstract 3-5 US 4 250 605 A (CHAPMAN HARRY S) 3-5 17 February 1981 see abstract; figure 2 see column 3, line 7 - column 4, line 2 X PATENT ABSTRACTS OF JAPAN 1,7,11 vol. 011, no. 110 (E-496), 7 April 1987 & JP 61 258485 A (AISAN IND CO LTD), 15 November 1986 see abstract -/--Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex. Special categories of cited documents: "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the inventor. "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance invention "E" earlier document but published on or after the international "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "&" document member of the same patent family Date of the actual completion of the international search Date of mailing of the international search report 14 April 1999 20/04/1999 Name and mailing address of the ISA Authorized officer European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nt, Visscher, E Fax: (+31-70) 340-3016

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intert. nal Application No PCT/EP 98/07899

C.(Continu	C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT						
Calegory 3	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.					
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 132 (E-736), 31 March 1989 & JP 63 299384 A (MURATA MFG CO LTD), 6 December 1988 see abstract	1					
A	US 4 803 763 A (ETURO YASUDA ET AL) 14 February 1989 cited in the application see abstract; figures 1,2,5 see column 1, line 46 - column 2, line 36 see column 3, line 1 - column 4, line 58	1-15					

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter. Inal Application No PCT/EP 98/07899

Patent document cited in search report US 4250605 A		Publication date		Patent family member(s)	13-07-1982 28-12-1982 19-07-1979 17-08-1979 01-08-1979 04-09-1979 20-04-1982
		17-02-1981	CA CA DE FR GB JP US	1127362 A 1138168 A 2901463 A 2414994 A 2012917 A,B 54112975 A 4325998 A	
US 4803763	A	14-02-1989	JP JP JP JP US	63056971 A 1732257 C 4016030 B 63155684 A 4845399 A	11-03-1988 17-02-1993 19-03-1992 28-06-1988 04-07-1989

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

onales Aktenzeichen Inter PCT/EP 98/07899

	*** ***	*****		IRAPPO BUILD		NSTANDES
Α.	KLASSII	riziehunu	I DES AF	IMELLUUN	USUEUE	ENSTANUES
			7			,
71	3V E	UATI	л I // NO	: u	/\11 <i>/</i> 11	122

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L H01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 001, 31. Januar 1997 & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13. September 1996	1,2
Υ	siehe Zusammenfassung	3-5
Υ	US 4 250 605 A (CHAPMAN HARRY S) 17. Februar 1981 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 siehe Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 4, Zeile 2	3-5
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 110 (E-496), 7. April 1987 & JP 61 258485 A (AISAN IND CO LTD), 15. November 1986 siehe Zusammenfassung/	1,7,11

enthenmen	
 Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Priontätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung beiegt werden 	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kolidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Bedeutung; die beanspruchte Bedeutung von besonderer Bedeutung von besonderer Bedeutung von besondere
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffenlitichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eina Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätedatum veröffentlicht worden ist	kann nicht als auf erfinderischer Tällgkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derseiben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. April 1999	20/04/1999
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europáisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 Nt 2280 HV Rijswijk Tel. (-31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Visscher, E

X Siehe Anhang Patentfamille

Formblatt PCT/ISA/210 (Biatt 2) (Juli 1992)

X Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter onstes Aktenzeichen PCT/EP 98/07899

		T/EP 98/0/899
C.(Fortsetz	rung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN	
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden	Feite Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 132 (E-736), 31. März 1989 & JP 63 299384 A (MURATA MFG CO LTD), 6. Dezember 1988 siehe Zusammenfassung	1
A		1-15

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angabon zu Veröffentlichungen, die zur seiben Patentiamilie gehören

Intern lales Aktenzeichen
PCT/EP 98/07899

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentiamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4250605 A	17-02-1981	CA 1127362 A CA 1138168 A DE 2901463 A FR 2414994 A GB 2012917 A,B JP 54112975 A US 4325998 A	13-07-1982 28-12-1982 19-07-1979 17-08-1979 01-08-1979 04-09-1979 20-04-1982
US 4803763 A	14-02-1989	JP 63056971 A JP 1732257 C JP 4016030 B JP 63155684 A US 4845399 A	11-03-1988 17-02-1993 19-03-1992 28-06-1988 04-07-1989

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

CLIPPEDIMAGE= JP411274591A

PAT-NO: JP411274591A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11274591 A

TITLE: LAMINATION TYPE PIEZOELECTRIC ACTUATOR

ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

PUBN-DATE: October 8, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY KUMAMOTO, KENJI N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY

TAIHEIYO CEMENT CORP N/A

APPL-NO: JP10079687

APPL-DATE: March 26, 1998

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H01L041/22

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lamination type piezoelectric actuator

element which can be readily manufactured without requiring troublesome

management, while relaxing inner stress generated in a boundary part between an

active part and a protection layer, and a manufacturing method thereof.

SOLUTION: Each piezoelectric layer 11 of an active part 13 has a thickness (d),

an insulator 15 is selectively formed on an edge face of an inner electrode

layer 12 positioned in an area near a protection layer 14 among edge faces of

the inner electrode layer 12 exposed in opposite side surfaces 13a and 13b of

the active part 13, and an outer electrode 16 is formed all over the side

surface 13a, 13b of the active part 13 therefrom. In an area near the protection layer 14, an interval of the inner electrode layer 12 connected to

the outer electrode 16 electrically is three times an interval (d) in an area

for from the protection layer 14.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-274591

(43)公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.⁶

HO1L 41/083

41/22

識別記号

FΙ

H01L 41/08

Q

41/22

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 4 頁)

(21)出願番号

特願平10-79687

(71)出劇人 000000240

太平洋セメント株式会社

東京都千代田区西神田三丁目8番1号

(22)出願日 平成10年(1998) 3月26日

(72) 発明者 熊本 憲二

千葉県佐倉市大作二丁目4番2号 秩父小

野田株式会社中央研究所内

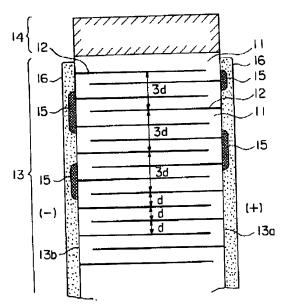
(74)代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 この発明は、活性部と保護層との境界部に発生する内部応力を緩和しながらも、手間のかかる管理を要することなく容易に製造することができる積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 活性部13の各圧電体層11は厚さ dを有し、活性部13の対向する側面13a及び13bに露出している内部電極層12の端面のうち、保護層14の近傍に位置する内部電極層12の端面上に選択的に絶縁体15が形成され、その上から活性部13の側面13a及び13b全面にそれぞれ外部電極16が形成されている。保護層14の近傍においては、外部電極16に電気的に接続された内部電極層12の間隔は、保護層14の近傍でない部分の間隔dの3倍になっている。



【特許語域の範囲】

【請求項1】 圧電体層と内部電極層とが交互に積層された活性部の両端に不活性部である保護層が形成され、活性部の両側面に外部電極が形成された積層型圧電アクチュエータ素子において、

活性部側面に露出する内部電極層の端面と外部電極との間に選択的に絶縁体を形成することにより外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるように設定したことを特徴とする積層型圧電アクチュエータ素子。

【請求項2】 外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔は、保護層の近傍においては等間隔で他の部分における間隔より広い請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ素子。

【請求項3】 外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔は、保護層に近づくほど次第に広くなる請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ素子。

【請求項4】 圧電体層を内部電極層で挟んで多層に積 層して活性部を形成し、

活性部の両端に保護層を形成し、

活性部と保護層からなる積層体を焼結し、

活性**部の両**側面に露出する内部電極層の端面上に選択的 に絶**縁体を**形成し、

絶縁**体の**上から活性部の両側面全面にそれぞれ外部電極 を形成して絶縁体が形成されていない内部電極層と外部 電極とを電気的に接続することにより、

外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるようにしたことを特徴とする積層型圧電アクチュエ 30 ータ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】この発明は、積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法に係り、特に圧電素子の伸縮時に圧電活性部と保護層との境界で発生する内部 応力を緩和し得る素子及びその製造方法に関する。

[0002]

【従来の技術】図4に従来の積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。圧電体層1と内部電極層2とが交互に積層された活性部3の両端に不活性部である保護層4が形成されている。活性部3の両側部において、1層おきに内部電極層2の端面に絶縁体5が形成され、その上から活性部3の側面全面に外部電極6が形成されている。これにより、内部電極層2は絶縁体5が形成されている。これにより、内部電極層2は絶縁体5が形成されているが端面においてプラス側の外部電極6とマイナス側の外部電極6とに交互に接続されている。

【0003】一対の外部電極6間に電圧を印加すると、 隣接する内部電極層2の間に電界が形成され、活性部3 は電界方向すなわち積層方向に仲長するが、このとき活 2

性部3全体の体積はほとんど変わらないため、電界方向に直交する方向すなわち内部電極層2に平行な方向に活性部3は収縮する。このため、活性部3と不活性部である保護層4との境界部に内部応力が発生し、素子の破損に至る惧れがある。

【0004】そこで、図4に示されるように、保護層4の付近の3~4層の圧電体層1の厚さ2dを他の部分の 圧電体層1の厚さdの2倍にして内部電極層2の間隔を 広げた圧電アクチュエータ素子が考案されている。内部 10 電極層2の間隔を2倍に広げることにより電界強度は1 /2となり、保護層4の付近での歪みを小さくして活性 部3と保護層4との境界部に発生する内部応力を緩和し ようとするものである。

[0005]

20

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、2種類の厚さの圧電体層1が存在することから、圧電アクチュエータ素子の製造に際して2種類の厚さのグリーンシートを成形する必要があり、また、これら2種類の厚さのグリーンシートが混ざらないようにシート検査をしたり、内部電極層2の印刷工程においてグリーンシートの管理を要するという問題があった。さらに、2種類の厚さのグリーンシートを積層するため、複雑で高価な製造装置が必要になるという問題もあった。

【0006】この発明はこのような問題点を解消するためになされたもので、活性部と保護層との境界部に発生する内部応力を緩和しながらも、手間のかかる管理を要することなく容易に製造することができる積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

0 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明に係る積層型圧電アクチュエータ素子は、圧電体層と内部電極層とが交互に積層された活性部の両端に保護層が形成され、活性部の両側面に外部電極が形成された積層型圧電アクチュエータ素子において、活性部側面に露出する内部電極層の端面と外部電極との間に選択的に絶縁体を形成することにより外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるように設定したものである。外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔は、保護層の近傍においては等間隔に設定することもでき、あるいは保護層に近づくほど次第に広くなるように設定することもできる。

【0008】また、この発明に係る積層型圧電アクチュエータ素子の製造方法は、圧電体層を内部電極層で挟んで多層に積層して活性部を形成し、活性部の両端に保護層を形成し、活性部と保護層からなる積層体を焼結し、活性部の両側面に露出する内部電極層の端面上に選択的に絶縁体を形成し、絶縁体の上から活性部の両側面全面にそれぞれ外部電極を形成して絶縁体が形成されていな

い内部電極層と外部電極とを電気的に接続することによ り、外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔を 保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より 広くなるようにした方法である。

[0009]

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を添 付図面に基づいて説明する。

実施の形態1.図1にこの発明の実施の形態1に係る積 層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。 圧電体 層11と内部電極層12とが交互に積層された活性部1 3の両端に不活性部である保護層14が形成されてい る。各圧電体層11は厚さdを有している。各内部電極 層12は圧電体層11より幅が短く、1層おきに交互に 内部電極層12の端面が活性部13の対向する側面13 a及び13bに露出している。これらの側面13a及び 13bに露出する内部電極層12の端面のうち、保護層 14の近傍に位置する内部電極層12の端面上に選択的 に絶縁体15が形成されている。これらの絶縁体15の 上から活性部13の側面13a及び13b全面にそれぞ れ外部電極16が形成されている。

【0010】その端面上に絶縁体15が形成された内部 電極層12は他端部が活性部13の側面にまで至らずに 圧電体層11の中に位置するため、いずれの外部電極1 6にも電気的に接続されることがない。絶縁体15を選 択的に形成することにより、図1に示されるように、保 護層14の近傍においては内部電極層12は2層おきに 交互に左右の外部電極16に接続され、これにより外部 電極16に電気的に接続された内部電極層12の間隔 は、保護層14の近傍でない部分の間隔dの3倍になっ ている。

【0011】このような積層型圧電アクチュエータ素子 は、次のようにして製造することができる。まず、PZ T [=Pb (Zr·Ti)O3]等を主成分とする圧電 セラミックス粉末にバインダー、分散剤、活性剤、消泡 剤等を加え、真空脱泡した後、セラミックスシート成形 方法 (ドクタブレード法等) を用いてグリーンシートを 作製する。このグリーンシート上にスクリーン印刷法を 用いて例えば銀ーパラジウムからなる内部電極層を一端 部がグリーンシートの対応する縁部に位置し、他端部が グリーンシートの他方の縁部にまで至らないように印刷 形成する。このようにして内部電極層が形成された複数 のグリーンシートを交互にその向きを180。変えて積 層して活性部13を形成し、その積層方向の両端部にそ れぞれ内部電極層が印刷形成されていない複数のグリー ンシートを積層して保護層14を形成し、この積層体を 焼成して積層焼結体を得る。

【0012】次に、活性部13の対向する側面13a及 び13bに露出している内部電極層12の端面のうち、 保護層14の近傍に位置する内部電極層12の端面上に 印刷等により選択的にガラス等の絶縁体15を形成して 50 れた場合にも活性部と保護層との境界部における破壊を

この端面を封止する。さらに、これらの絶縁体15の上 から活性部13の側面13a及び13b全面にそれぞれ 例えば銀-パラジウムからなる外部電極16を形成し

て、絶縁体15が形成されていない内部電極層12と外 部電極16とを電気的に接続する。

【0013】図1の積層型圧電アクチュエータ素子にお いて、一対の外部電極16間に電圧を印加すると、外部 電極16に電気的に接続された内部電極層12の間に電 界が形成され、各圧電体層11は電界方向すなわち積層 方向に伸長する。このとき、保護層14の近傍において は、外部電極16に電気的に接続された内部電極層12 の間隔が他の部分の間隔dの3倍となっているため、電 界強度は1/3となり、保護層14の付近での圧電体層 11の歪み量が小さく、活性部13と保護層14との境 界部に発生する内部応力が緩和される。このため、積層 型圧電アクチュエータ素子を長期間使用しても、内部応 力に起因する素子の破損を防止することができる。

【0014】実施の形態2.図2に実施の形態2に係る 積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。 この 積層型圧電アクチュエータ素子は、絶縁体15の形成箇 20 所が異なる点を除いて図1の積層型圧電アクチュエータ 素子と同一の構造を有している。図2の積層型圧電アク チュエータ素子においては、絶縁体15を選択的に形成 することにより、外部電極16に電気的に接続された内 部電極層12の間隔は、活性部13の中央部における間 隔dに対して、保護層14に近づくにつれて、3倍の3 d、さらに5倍の5dと、保護層14に近づくほど次第 に広くなるように設定されている。

【0015】このような構成とすることにより、活性部 13の伸縮時に発生する内部応力を効果的に緩和して素 30 子の耐久性をさらに向上させることが可能となる。

【0016】実施の形態3.図3に実施の形態3に係る 積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。この **積層型圧電アクチュエータ素子は、内部電極層12が圧** 電体層11と同じ面積を有する、いわゆる全面電極型の 素子である。図3に示されるように、内部電極層12の 端面上に選択的に絶縁体15を形成することにより、左 右の外部電極16に接続される内部電極層12の間隔を 自由に広げることができる。これにより、保護層14の 近傍における歪み量が小さくなり、活性部13と保護層 14との境界部に発生する内部応力が緩和され、長期間 使用しても素子が破損することはない。

[0017]

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれ ば、活性部の伸縮時に保護層との界面で発生する内部応 力が緩和されるので、圧電アクチュエータ素子の耐久性 が向上される。特に、大面積で発生力が大きな素子、圧 電定数が大きく変位の割合が大きな圧電アクチュエータ 素子に適している。また、定格より過大な電圧が印加さ

防止することができる。この発明の積層型圧電アクチュ エータ素子は、同一の厚さの圧電体層を使用しているた め、製造時におけるグリーンシートの管理が容易であ り、また保護層の近傍に位置する内部電極層の端面上に 選択的に絶縁体を形成するだけで、容易に外部電極に接 続された内部電極層の間隔を調整することができ、適正 な内部応力の緩和を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1に係る積層型圧電アク チュエータ素子を示す断面図である。

【図2】実施の形態2に係る積層型圧電アクチュエータ 素子を示す断面図である。

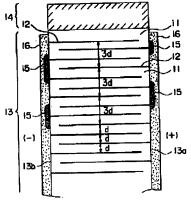
【図3】実施の形態3に係る積層型圧電アクチュエータ 素子を示す断面図である。

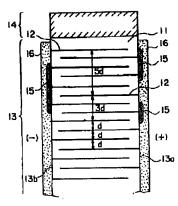
【図4】従来の積層型圧電アクチュエータ素子を示す断 面図である。

【符号の説明】

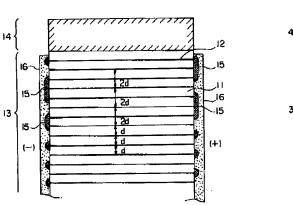
- 11 圧電体層
- 内部電極層 12
- 13 活性部
- 14 保護層
- 絶縁体 15 10
 - 16 外部電極

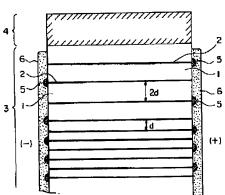
【図2】 【図1】





【図3】 14





【図4】

CLIPPEDIMAGE= JP407283453A

PAT-NO: JP407283453A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07283453 A

TITLE: LAMINATED PIEZOELECTRIC ELEMENT

PUBN-DATE: October 27, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKAWA, YASUO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

BROTHER IND LTD

COUNTRY N/A

APPL-NO: JP06073113 APPL-DATE: April 12, 1994

INT-CL_(IPC): H01L041/083

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a laminated piezoelectric element capable of connecting an

outer electrode to inner electrodes every other layer without fail and avoiding

any defective conduction and insulation as well as the release of outer

electrode.

CONSTITUTION: On the side of the laminated body comprising filmy piezoelectric

material 11 and the inner electrode 12, a conductive projection 16 is formed on

the end of the inner electrode 12 every other exposed layer and then an

insulating film 13 is formed on the conductive projection 16 as if extending over the whole piezoelectric material 11 in the laminated layer direction of an element. Furthermore, a metallic mesh 17 to be the outer electrode and copper foil 15 are formed on the insulating film 13 so that the inner electrodes 12 and the outer electrode may be electrically connected through the intermediary of the conductive projection 16.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-283453

(43)公開日 平成7年(1995)10月27日

(51) Int.Cl.⁶

識別配号

庁内整理番号

FΙ

技術表示箇所

HO1L 41/083

HO1L 41/08

Q

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 5 頁)

(21)出願番号

(22)出願日

特膜平6-73113

平成6年(1994) 4月12日

(71)出願人 000005267

00000201

ブラザー工業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号

(72)発明者 大川 康夫

名古屋市瑞穂区苗代町15番1号プラザーエ

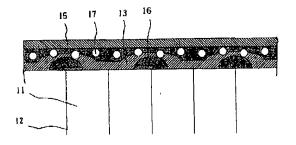
業株式会社内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子

(57)【要約】

【目的】 外部電極を一層置きの内部電極に確実に接続 し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極の 剥がれによる不良を防止することができる積層型圧電素 子を提供することを目的としている。

【構成】 膜状の圧電材料11と内部電極12とが交互に重なる積層体の側面において、露出する一層置きの内部電極12の端部に導電性凸部16を形成し、その上に、素子の積層方向に全ての圧電材料11にかかるように絶縁膜13を形成する。また、絶縁膜13の上に、外部電極である金属製のメッシュ17と銅箔15とを形成し、導電性凸部16を介して内部電極12と外部電極とが電気的に接続される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電材料と内部電極とが交互に積層された積層体の側面に露出する一層置きの内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、その絶縁膜上に連続して形成されると共に、前記導電性凸部を介して一層置きの内部電極と電気的に接続される外部電極とを備えた積層型圧電素子において、

前記外部電極が、導電性を有する金属線から成るメッシュによって構成され、前記絶縁膜の上面側から積層体に 10 向けて圧縮することにより、前記メッシュの金属線が前記絶縁層を突き破って、前記各導電性凸部に接触し、一層置きの内部電極と電気的に接続されることを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項2】 前記外部電極上に、板もしくは箔から成る第二の外部電極を備えたことを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電素子。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【産業上の利用分野】本発明は、圧電材料の薄膜を多数 20 枚積層し、電圧を印加することにより縦方向の変位を得 る積層型圧電素子に関するものである。

[0002]

【従来の技術】従来、積層型の圧電素子を製造する場合、内部電極を一層置きに外部電極に接続する必要があるが、従来の積層コンデンサ方式を用いると内部電極面積が素子の断面積より小さいため、電界が全面に発生せず、変位を阻害するばかりでなく不均一な部分に応力集中が発生し、ついには破壊するという致命的な欠点がある。また、積層時の位置決めが難しく、多くても数十枚 30程度の積層枚数が限界であり、同じ印加電圧の場合、素子の変位量は積層枚数に比例するため、大きな変位量を発生する素子を製造することは困難であった。この欠点を解消するために圧電シートの全面に電極を印刷して積層する方法、即ち、内部電極の面積と素子の面積を等しくする構造が一般的になっている。その一例として、図8に示すような方法が考えられている。

【0003】図8に示すように、膜状の圧電材料71と内部電極72とが交互に重なる積層体の側面において、一層置きの内部電極の端部に導電性凸部75を形成し、素子の積層方向に全ての圧電材料71にかかるように導電性粒子を含有しない層77aを形成する。そして、その上から導電性粒子80を含有する層77bを銅箔79と共に素子の積層方向に全ての圧電材料71にかかるように熱圧着すると、導電性凸部75の存在によりその凸部付近のみが圧縮されて、その圧縮された部分において、導電性粒子80を含有しない層77aを突き破って導電性凸部75と接触し、一層置きに内部電極72と外部電極である銅箔79とを電気的に接続する。

[0004]

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような積層型圧電素子では、導電性粒子80を含有しない層77aを突き破り、外部電極79と内部電極72とを接続する媒体として導電性粒子80を用いているため、次のような問題が生じた。

2

【0005】導電性粒子80の粒子の大きさには、ばらつきがあり、その分散状態も場所により異なっているので、加圧されても導電性粒子80が導電性凸部75まで届かず電気的に接続されない層ができたり、逆に、導電性凸部75のない、本来絶縁されるべき層が導通してしまうことがあった。また、導電性粒子80の存在により網箔79の接着力が弱くなり、素子の駆動中に剥がれてしまうことがあった。

【0006】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、外部電極を一層置きの内部電極に確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極の剥がれによる不良を防止することができる積層型圧電素子を提供することを目的としている。

[0007]

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の積層型圧電素子は、圧電材料と内部電極とが交互に積層された積層体の側面に露出する一層置きの内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、その絶縁膜上に連続して形成されると共に、前記導電性凸部を介して一層置きの内部電極と電気的に接続される外部電極とを備えた積層型圧電素子において、前記外部電極が、導電性を有する金属線から成るメッシュによって構成され、前記絶縁膜の上面側から積層体に向けて圧縮することにより、前記メッシュの金属線が前記絶縁層を突き破って、前記各導電性凸部に接触し、一層置きの内部電極と電気的に接続される。

【0008】また、前記外部電極上に、板もしくは箔から成る第二の外部電極を備えることが望ましい。

[0009]

【作用】上記の構成を有する本発明の積層型圧電素子は、絶縁膜を突き破り導電性凸部と接続する外部電極が、一様の厚さのメッシュであり、且つメッシュを構成する金属線も一様の太さであるため、各導電性凸部に対して、メッシュの金属線が確実に接触し、導電性凸部を介して内部電極と外部電極が電気的に接続され、また、導電性凸部の形成されていない内部電極には、メッシュの金属線が接触しないため確実に絶縁される。

[0010]

【実施例】以下、本発明を具体化した一実施例を図面を 参照して説明する。

【0011】図1に本発明の積層型圧電素子の断面図を 示す。膜状の圧電材料11と内部電極12とが交互に重 50 なる積層体の側面において、露出する一層置きの内部電 20

極12の端部に導電性凸部16が形成されると共に、素 子の積層方向に全ての圧電材料11にかかるように絶縁 膜13が形成されている。また、絶縁膜13の上には、 外部電極である金属製のメッシュ17と銅箔15が形成 され、導電性凸部16を介して内部電極12と電気的に 接続されている。

【0012】以下、本発明を具体化した一実施例を図面 を参照して説明する。

【0013】まず、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)を 主成分とする圧電材料を所望の組成に混合した後、85 0℃で仮焼成した粉末に5重量部のバインダーと微量の 可塑材および消泡剤を添加し、有機溶媒中に分散させス ラリー状にする。このスラリーをドクターブレード法に より所定の厚さに成形しグリーンシートとする。このグ リーンシート上に内部電極12としてPd(パラジウ ム) ペーストをスクリーン印刷し、所定寸法に打ち抜い たものを所定枚数積層し熱プレスにより一体化する。脱 脂後、約1200℃で焼結を行い、図2に示すように、 内部電極12が一層置きに露出するような位置で切断し た焼結体21に、仮の外部電極22、23を塗布焼き付 けし、さらに別の一対の側面24、25が露出するよう に切断する。

【0014】そして、焼結体21の一方の側面24にお いて、導電性凸部16を形成する部分を残して他の全て の部分をテープでマスキングし、かつ他方の側面25全 体をテープでマスキングした状態で、直流電源の負極に 仮の外部電極22を接続してニッケルメッキ浴中に沈め る。この状態で50mAの電流を約5分間流すと、仮の 外部電極22につながる内部電極12にニッケルメッキ が成長し、マスキングテープを剥すと、図3に示すよう に、ニッケルメッキ製の導電性凸部16が一層置きに形 成された状態となる。次に、反対側の側面25にも層を ずらして導電性凸部16を形成するべく、既に導電性凸 部16が形成された側面24の全体と、側面25の一部 分とをテープでマスキングして保護した後、負極を仮の 外部電極23に接続してニッケルメッキを成長させる。 これにより、側面25においても側面24と一層ずつず れて導電性凸部16が形成される。

【0015】洗浄後、直流電源の負極を仮の外部電極2 2、23に接続し、所定量の顔料を添加したエポキシカ チオン電着塗料浴中に沈め、100 Vの電圧を2分間か けると、図4に示すように、導電性凸部16が形成され ている内部電極12は、導電性凸部16の表面にエポキ シカチオン電着塗料が電着し、導電性凸部16が形成さ れていない内部電極12は、その端部にエポキシカチオ ン電着塗料が電着する。その後、オーブン中で150℃ で30分間加熱処理すると、エポキシ樹脂成分が硬化す る過程で流動性を持つため、図5に示すように平坦化さ れ、絶縁膜13となる。

うに、銅箔15の片面に#300~#400程度の金属 製のメッシュ17を重ね、その上から熱硬化性のエポキ シ系接着剤17aを塗布したものを用意しておく。これ を図7に示すように焼結体21の側面24、25にそれ ぞれの導電性凸部16にかかるような大きさに切断し、 メッシュ17と絶縁膜13とが向かい合うように仮止め する。そして、ほぼ180℃に熱した一対の平面状の加 圧用治具53(図7は一側面がわのみ図示)ではさみ、 数kgの荷重をかけて熱圧着すると、導電性凸部16の 部分のみが他の部分よりも高い圧力で部分的に加圧され ることとなる。その結果、図1に示すように加圧された 部分のみメッシュ17の金属線が、絶縁膜13を突き破 り、導電性凸部16と接触し、一層置きの内部電極12 とメッシュ17、及びその上に配置される銅箔15とが 接続された状態となる。この銅箔15が、本実施例の第 二の外部電極を構成している。

【0017】そして、互いに反対向きの各側面24,2 5で層をずらして一層置きの各内部電極12にメッシュ 17及び銅箔15を接続した焼結体21は、素子1個分 に切断された後、銅箔15の一部に電力供給用のリード 線を取り付け、樹脂外装及び分極処理を施して完成品と

【0018】このように、本実施例の積層型圧電素子に おいては、絶縁膜13を突き破り導電性凸部16と接続 するメッシュ17が一様の厚さであり、且つメッシュ1 7を構成する金属線も一様の太さであるため、各導電性 凸部16に対して、メッシュ17の金属線が確実に接触 し、導電性凸部16を介して内部電極12と外部電極で あるメッシュ17及び銅箔15とが電気的に接続され、 また、導電性凸部16が形成されていない内部電極12 には、メッシュ17の金属線が接触しないため確実に絶 縁される。

【0019】また、外部電極として用いるメッシュ17 には、市販されているものを用いればよく、特殊な加工 を施す必要がないため、積層型圧電素子の製造工程を簡 素化することができる。

【0020】さらに、本実施例の積層型圧電素子は、第 二の外部電極として、メッシュ17の上に銅箔15を形 成しているので、強固な積層型圧電素子を提供すること ができる。

【0021】尚、本発明は上述した実施例に限定される ものではなく、その主旨を逸脱しない限り種々の変更を 加えることができる。例えば、ニッケルメッキの代わり にクロムメッキや銅メッキを用いても同様の効果を得る ことができる。また、第二の外部電極として銅箔を形成 せずに、導電性を有する金属製のメッシュのみを外部電 極として用いることも可能である。

[0022]

【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本 【0016】また、焼結体21とは別に、図6に示すよ 50 発明の積層型圧電素子によれば、外部電極と内部電極を

5

一層置きに確実に接続することができるので、導通不良 や絶縁不良を防止することができ、また、外部電極を積 層体に強力に接着することができるので、剥がれ等の不 良を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本実施例の積層型圧電素子の断面図である。
- 【図2】切断された積層焼結体の斜視図である。
- 【図3】導電性凸部が形成された状態の焼結体の斜視図である。
- 【図4】エポキシカチオン電着塗料が電着された状態を 10 示す断面図である。
- 【図5】エポキシカチオン電着塗料が加熱により流動した状態を示す断面図である。

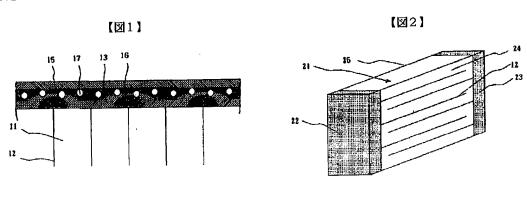
6 【図6】銅箔とメッシュを重ねてエポキシ系接着剤を塗 布した状態の断面図である。

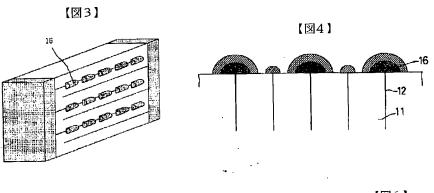
【図7】メッシュを重ねた銅箔を加圧する状態を示す説明図である。

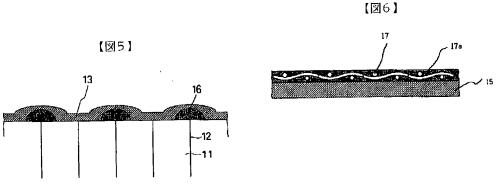
【図8】従来の積層型圧電素子の断面図である。

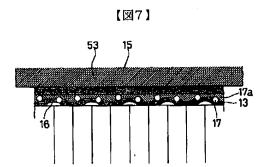
【符号の説明】

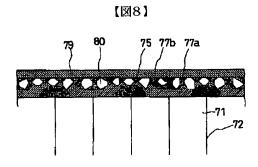
- 11 圧電材料膜
- 12 内部電極
- 13 絶縁膜
- 0 15 銅箔
 - 16 導電性凸部
 - 17 金属製メッシュ











DERWENT-ACC-NO: 2002-139581

DERWENT-WEEK: 200218

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelectric actuator has external electrodes extended over multilayer

structure so the electrical voltage can be fed into the extensions

INVENTOR: HEINZ, R; JUNG, S; SUGG, B

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1026005 (May 25, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES

MAIN-IPC

DE 10026005 A1 December 6, 2001 N/A 000

H02N 002/04

(WO 200191199) November 29, 2001 G 017

H01L 041/083

A1

DESIGNATED-STATES: CZ KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT S E TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO

APPL-DATE ·

DE 10026005A1 N/A 2000DE-1026005 May 25,

2000

WO N/A 2001WO-DE01328 April 5, 2001

200191199A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083; H02N002/04

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200191199A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The actuator has a multilayer structure of piezo

layers and internal electrodes with mutual lateral contacting of the internal

electrodes via external electrodes distributed on lateral surfaces in the form

of a mesh or tissue and contacted at least pointwise by the relevant internal

electrodes. The external electrodes are extended over the multilayer structure

so that an electrical voltage can be fed into the extensions.

DETAILED DESCRIPTION - The actuator has a multilayer structure of piezo layers

and internal electrodes (2,3) with mutual lateral contacting of the internal

electrodes via external electrodes (4,5) via which an electrical voltage can be

delivered, whereby the external electrodes are distributed on lateral surfaces

in the form of a mesh or tissue and contacted at least pointwise by the

relevant internal electrodes. The external electrodes are extended over the

multilayer structure so that the electrical voltage can be fed into the extensions (8,9).

USE - E.g. for actuating a mechanical component such as a valve.

ADVANTAGE - Enables improved and mechanically more robust contacting.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional

representation of a piezo actuator

internal electrodes 2,3

external electrodes 4,5

extensions 8,9

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/10

TITLE-TERMS:
PIEZOELECTRIC ACTUATE EXTERNAL ELECTRODE EXTEND
MULTILAYER STRUCTURE SO
ELECTRIC VOLTAGE CAN FEED EXTEND

DERWENT-CLASS: V06 X25

EPI-CODES: V06-M06D3; V06-U15; X25-L01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-105247

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum Internationales Büro



1 (18 KUR 1811) KUR 18 KURUN BURTA KARI 1 1 KUR 1811 KURUN KURUN BURTA BURTA 1811 KURUN BURTA 1811 KURUN BURTA

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum 29. November 2001 (29.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 01/91199 A1

(51) Internationale Patentklassifikation7: 41/047

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE01/01328

H01L 41/083,

(22) Internationales Anmeldedatum:

5. April 2001 (05.04.2001)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

100 26 005.5

25. Mai 2000 (25.05.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02

20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, 71272 Renningen (DE). SUGG, Bertram [DE/DE]; Friedrich-Schaffert-Strasse 8, 70839 Gerlingen (DE). JUNG, Steffen [DE/DE]; Am Schlossberg 15, 71229 Leonberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DB, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

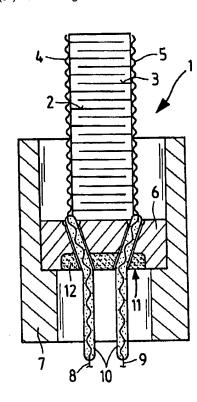
Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR



WO 01/91199

(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator, for example, for actuating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator comprises a stratified structure of piezoelectric layers and, interposed therebetween, inner electrodes (2, 3) and a mutual lateral contacting of the inner electrodes (2, 3) with the outer electrodes (4, 5). Said outer electrodes (4, 5) are distributed on each of the lateral faces in a net or tissue-type structure and is connected to the respective inner electrodes (2, 4) at least in some points. The outer electrodes (4, 5) are extended beyond the stratified structure of the pieozoelectric layers so that the electric voltage is supplied at these extensions (8, 9).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einen Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) und eine wechselseitige seitliche Kontaktierung der Innenelektroden (2, 3) über Außenelektroden (4, 5) aufweist. Die Außenelektroden (4, 5) sind netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert. Die Außenelektroden (4, 5) sind dabei derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen hinaus verlängert, dass an den Verlängerungen (8, 9) die Zuführung der elektrischen Spannung erfolet.

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

Piezoaktor

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

Solche Piezoaktoren können beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschlusselektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechselnd an gegenüberliegen Seiten kontaktiert werden.

Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können. Die Außenelektroden müssen dann wiederum mit Anschlusselektroden versehen werden, die in der Regel auch mechanischen Spannungen standhalten müssen.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise so ausgebildet, dass mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden sind dabei derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen verlängert, dass an den

Verlängerungen die Zuführung der elektrischen Spannung über entsprechende Anschlüsse erfolgt.

Gegenüber einer üblichen Lötung dieser äußeren Anschlussdrähte direkt auf der Außenelektrode nahe des Piezoaktorfußes im aktiven oder inaktiven Bereich ist erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise erreicht, dass mit dem Anschluss an die Verlängerung der Außenelektrode eine verbesserte und mechanisch robustere Kontaktierung hergestellt ist. Bei der üblichen Lötung auf dem netz- oder siebartigen Gewebe ist die Haftung der Elektroden auf dem Piezoaktor sehr gering, so dass selbst geringe Kräfte ein Abschälen der Außenelektrode vom Piezoaktor hervorrufen können. Gemäß der Erfindung kann dann auch die Anzahl der notwendigen elektrischen Verbindungen im Bereich des Mehrschichtaufbaus verringert werden.

Dadurch, dass die Außenelektroden über den Piezoaktorfuß hinaus, im Idealfall bis zum Stecker verlängert werden, können diese somit in einem unkritischen Bereich kontaktiert werden. Weiterhin ermöglicht dies zum einen eine kostengünstige Fertigung, zum anderen wird das Prozessund Ausfallrisiko an dieser Stelle reduziert. Vorteilhaft ist außerdem, dass auch auf einen, ev. sonst notwendigen zusätzlichen inaktiven Bereich am Mehrschichtaufbau zur Kontaktierung verzichtet werden kann, wodurch eine geringere Baulänge ermöglicht und weitere Kosten gespart werden können.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Verlängerungen elektrisch isoliert durch das Fußteil, z.B. aus Stahl oder Al_2O_3 , des Piezoaktors geführt, an dem der Mehrschichtaufbau der Piezolagen befestigt ist. Hierbei ist es auch vorteilhaft, wenn die Verlängerungen zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden in einer Vergussmasse gehalten sind, welche in eine Ausnehmung

des Fußteils, ggf. von einem Formteil aus Stahl oder Polymer umgeben, eingebracht sind.

Die Verlängerungen können in vorteilhafter Weise auch dadurch realisiert werden, dass die Außenelektroden im Bereich der Verlängerungen verjüngt sind. Weiterhin können die Außenelektroden auch im Bereich der Verlängerungen gefaltet oder gerollt sein.

Auf einfache Weise können die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden aus gekreuzten horizontal und vertikal verlegten oder unter 45° geneigt verlegten Drähten bestehen, die durch verkupfern oder verzinnen miteinander kontaktiert sind.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und Innenelektroden sowie einer netzartigen durch ein Fußteil verlängerten Außenelektrode;

Figur 2 einen Schnitt an der Linie A-A im Ausführungsbeispiel nach der Figur 1;

Figur 3 einen Detailschnitt im Bereich der Durchführung der verlängerten Außenelektrode durch das Fußteil;

Figur 4 eine Abwandlung des Beispiels nach den Figuren 1 bis 3 mit einem zusätzlichen Formteil im Bereich der Verlängerungen;

Figur 5 eine Abwandlung der vorhergehenden Beispiele mit einer in der Verlängerung verjüngten Außenelektrode;

Figur 6 ein Ausführungsbeispiel mit einer in der Verlängerung gefalteten Außenelektrode;

Figur 7 ein Ausführungsbeispiel mit einer in der Verlängerung gerollten Außenelektrode;

Figur 8 und 9 Ausführungsbeispiele der netz- oder gewebeartigen Außenelektroden und;

Figur 10 einen Detailschnitt durch die verkupferten oder verzinnten Drähte der netz- oder gewebeartigen Außenelektrode.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 und 2 ist in verschiedenen Schnitten ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 jeweils über Außenelektroden 4 und 5 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 in axialer Richtung erfolgt.

Der Piezoaktor ist über ein Fußteil 6 fest in ein Gehäuse 7, beispielsweise das Gehäuse eines Einspritzventils für Kraftfahrzeuge, eingebettet. Die Außenelektroden 4 und 5 weisen Verlängerungen 8 und 9 auf, an deren unterem Ende jeweils ein elektrischer Anschluss für eine Spannungsversorgung angebracht werden kann. Im Bereich der Durchführung der Verlängerungen 8 und 9 durch das Fußteil 6 und ggf. darüber hinaus sind die Verlängerungen 8 und 9 elektrisch isoliert, beispielsweise mittels eines Schrumpfschlauchs 10. Zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden 4 und 5 bzw. der Verlängerungen 8 und 9 sind diese in einer Ausnehmung 11 des Fußteils 6 mit einer Vergussmasse 12 umhüllt. In Figur 3 ist der Bereich der Durchführung der Verlängerungen 8 oder 9 anhand eines Ausführungsbeispiels im Detail gezeigt.

Ein Ausführungsbeispiel nach Figur 4 zeigt Abwandlung zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden 4 und 5 bzw. der Verlängerungen 8 und 9 mit einem, im Fußteil 6 liegenden, Formteil 13, in das die Vergussmasse 12 eingefügt ist.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der Elektrodenverlängerungen 8 und 9 sind in Figuren 5 bis 7 dargestellt. Nach der Figur 5 sind die Verlängerungen 8 und 9 lediglich verjüngt, was auch dem unten gezeichneten Querschnitt der Verlängerung 9 zu entnehmen ist. Die Figur 6 zeigt eine Verlängerung 9, die gefaltet ist und die Figur 7 zeigt eine Verlängerung 9, die gerollte ist, was wiederum den darunter gezeichneten Querschnitten der Verlängerung 9 zu entnehmen ist.

Aus Figur 8 ist ein netzartiger Aufbau der Außenelektrode 4 oder 5 mit horizontal und vertikal verlaufenden Drähten 14 und 15 und aus Figur 9 ist ein vergleichbarer Aufbau mit 45° geneigten Drähten 14 und 15 zu entnehmen. Im Schnitt nach Figur 10 ist die Lage der gekreuzten Drähte 14 und 15 mit Kontaktstellen 16, z.B. durch Verkupfern oder Verzinnen der Drähte 14 und 15, erkennbar.

Patentansprüche

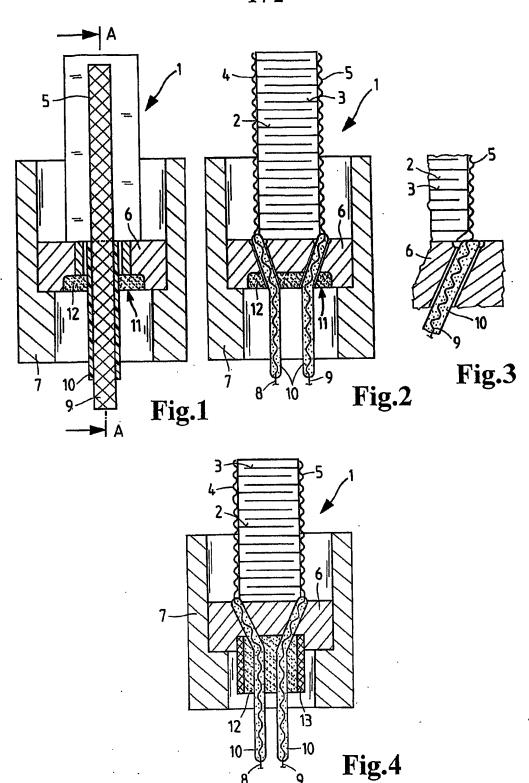
1) Piezoaktor, mit

- einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2,3),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2,3) über Außenelektroden (4,5), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
- die Außenelektroden (4,5) netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht sind und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt und wobei
- die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4,5) derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen hin- aus verlängert sind, dass an den Verlängerungen (8,9) die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt.

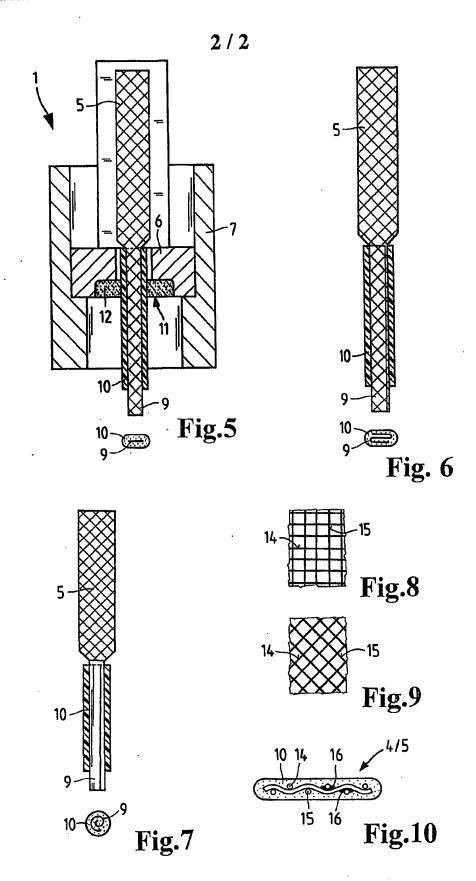
- 2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Verlängerungen (8,9) elektrisch isoliert (10) durch ein Fußteil (6) des Piezoaktors (1) geführt sind, an das der Mehrschichtaufbau der Piezolagen befestigt ist.
- 3) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Verlängerungen (8,9) in einer Vergussmasse (12) gehalten sind, welche in eine Ausnehmung (11) des Fußteils (6) eingebracht ist.
- 4) Piezoaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Vergussmasse (12) von einem Formteil (13) umgeben ist.
 - 5) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Außenelektroden (4,5) im Bereich der Verlängerungen (9,10) verjüngt sind.
 - 6) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Außenelektroden (4,5) im Bereich der Verlängerungen (8,9) gefaltet sind.

- 7) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden (4,5) im Bereich der Verlängerungen (8,9) gerollt sind.
- 8) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4,5) aus gekreuzten unter 45° geneigt verlegten Drähten (14,15) bestehen.
- 9) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4,5) aus gekreuzten horizontal und vertikal verlegten Drähten (14,15) bestehen.
- 10) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Drähte (14,15) untereinander durch verkupfern oder verzinnen miteinander kontaktiert sind.

1/2



PCT/DE01/01328



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interna Application No PCT/DE 01/01328

A. CLASSIF IPC 7	FICATION OF SUBJECT MATTER H01L41/083 H01L41/047	,	
According to	International Patent Classification (IPC) or to both national classifi	cation and IPC	
	SEARCHED	Non combatal	
Minimum do IPC 7	cumentation searched (classification system followed by classification $H01L$	uon symbos)	
Documentat	ion searched other than minimum documentation to the extent that	such documents are included in the fields se	arched
Electronic d	ala base consulted during the international search (name of data b	ase and, where practical, search terms used))
EPO-In	ternal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the r	elevant passages	Relevant to claim No.
А	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10 June 1999 (1999-06-10) column 2, line 10 -column 3, lin figures 2,3	ne 27;	1,2
А	DE 33 30 538 A (SIEMENS AG) 14 March 1985 (1985-03-14) page 7, line 7 -page 9, line 12; 2,3	; figures	1,9
A	DE 32 23 801 A (SIEMENS AG) 29 December 1983 (1983-12-29) page 4, line 17 -page 8, line 2	5; figures	1,9
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) column 2, line 12 -column 4, line figures 3,4	ne 41;	
Fur	ther documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are listed	l in annex.
"A" docum consi "E" earlier filing "L" docum whici	nent which may throw doubts on priority claim(s) or h is cited to establish the publication date of another	*T* later document published after the into or priority date and not in conflict with cited to understand the principle or the invention *X* document of particular relevance; the cannot be considered novel or cannot involve an inventive step when the deserged the comment of particular relevance; the	ine application but claimed invention if be considered to ocument is taken alone claimed invention
O' docur other	on or other special reason (as specified) nent referring to an oral disclosure, use, exhibition or r means nent published prior to the international filing date but	cannot be considered to involve an in document is combined with one or m ments, such combination being obvid in the art. *&* document member of the same paten	ore other such docu- ous to a person skilled
<u> </u>	than the priority date claimed	Date of malling of the international se	
	e actual completion of the international search 4 September 2001	10/09/2001	
	i mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2	Authorized officer	•
	NL 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Interns Application No
PCT/DE 01/01328

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19753930 A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
DE 3330538 A	14-03-1985	NONE	
DE 3223801 A	29-12-1983	NONE	ے کے جب میں جب میں بات سے جب سے جب
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A US 6208026 B	28-05-1998 25-08-1998 27-03-2001

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

.as Aktenzelchen Interna PCT/DE 01/01328

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01L41/083 H01L41/047

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchletter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbagriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentilchung, soweit erforderlich unter Angebe der in Betracht kommenden Telle	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10. Juni 1999 (1999-06-10) Spalte 2, Zeile 10 -Spalte 3, Zeile 27; Abbildungen 2,3	1,2
A	DE 33 30 538 A (SIEMENS AG) 14. März 1985 (1985-03-14) Seite 7, Zeile 7 -Seite 9, Zeile 12; Abbildungen 2,3	1,9
Α	DE 32 23 801 A (SIEMENS AG) 29. Dezember 1983 (1983-12-29) Seite 4, Zeile 17 -Seite 8, Zeile 25; Abbildungen	1,9
X we	itere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu	

- Olithornion	
 Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedalum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werder soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist 	Yv Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. September 2001	10/09/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nt, Fax: (+31–70) 340–3016	Köpf, C

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Interna les Aktenzeichen
PCT/DE 01/01328

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN School of L. Reselebung der Veröffentlichung, soweil erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Betr. Anspruch Nr.			
ategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Dett. Attaplical Ni.	
1	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) Spalte 2, Zeile 12 -Spalte 4, Zeile 41; Abbildungen 3,4	1	
·			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Interna: 19 Aktenzeichen
PCT/DE 01/01328

	echerchenberich des Patentdokun	-	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE	19753930	Α	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
DE	3330538	A	14-03-1985	KEINE	
DE	3223801	A	29-12-1983	KEINE	
EP	0844678	Α	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A US 6208026 B	28-05-1998 25-08-1998 27-03-2001

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1892)

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

DERWENT-ACC-NO: 2001-182496

DERWENT-WEEK: 200118

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelement has multilayer structure produced by folding has piezo layers consisting of continuous foil folded during manufacture with conducting electrodes

INVENTOR: BOECKING, F

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028181 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES MAIN-IPC

DE 19928181 A1 January 11, 2001 N/A 000

H01L 041/083

WO 200079612 December 28, 2000 G 016

H01L 041/083

A1

DESIGNATED-STATES: CN HU JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC N L PT SE

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO

APPL-DATE

DE 19928181A1 N/A 1999DE-1028181 June

19, 1999

WO N/A 2000WO-DE01628 May 20,

03/23/2002, EAST Version: 1,03.0002

2000 200079612A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079612A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezoelement has a multilayer structure of piezo

layers (4) with intervening electrodes (6,7) and alternating contacting of the

inner electrodes via outer electrodes (8,9). The individual piezo layers

consist of a continuous foil (2) that is folded during manufacture that are

wholly or partly provided with the electrically conducting electrodes.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a method of manufacturing a piezoelement.

USE - For a piezoelectric actuator, e.g. for actuating a mechanical component such as a valve.

ADVANTAGE - The outer electrodes can be simply applied for alternating contact with inner electrodes.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezoelement

piezo layers 4

intervening electrodes 6,7

outer electrodes 8,9

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/1

TITLE-TERMS:
MULTILAYER STRUCTURE PRODUCE FOLD PIEZO LAYER
CONSIST CONTINUOUS FOIL FOLD
MANUFACTURE CONDUCTING ELECTRODE

DERWENT-CLASS: V06 X25

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U; X25-L01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130315

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum 28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 00/79612 A1

H01L 41/083, (51) Internationale Patentklassifikation7: 41/047

Friedrich [DE/DE]; Mainzer Strasse 27, D-70499 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE00/01628

(22) Internationales Anmeldedatum: 20. Mai 2000 (20.05.2000)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

199 28 181.5 19. Juni 1999 (19.06.1999)

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

US): BOECKING, (75) Erfinder/Anmelder (nur für

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht:

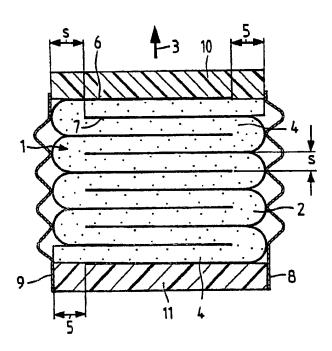
Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Anderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZO ELEMENT WITH A MULTIPLE-LAYER STRUCTURE PRODUCED BY FOLDING

(54) Bezeichnung: PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTTELLTEN MEHRSCHICHTBAU



(57) Abstract: The invention relates to a piezo element with a multiple-layer structure consisting of piezo layers (2) with electrodes (6, 7) arranged between them. Said piezo element is provided with alternate side contacting of the electrodes (6, 7) through outer electrodes (8, 9). The individual piezo layers (2) consist of a consistent ceramic film that can be folded during the production process. Said film is fully or partially provided with electroconductive electrodes (6, 7) and the outer electrodes (8, 9) for forming the alternate contacts are applied to the metallized layer externally, in the bend area of the bent film.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6, 7) vorgeschlagen, das mit einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6, 7) über Außenelektroden (8, 9) versehen ist. Die einzelnen Piezolagen (2) bestehen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie aus Keramik, die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6, 7) versehen sind, wobei jeweils außen im Biegebereich der gefalteten Folie die

Außenelektroden (8, 9) zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht angebracht sind.

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

-1-

PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCHICHTBAU

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und ein Verfahren zu dessen Herstellung, beispielsweise für einen Piezoaktor zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebe-

reiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Die jeweiligen Innenelektroden sind hierbei jeweils gegenüber den Außenelektroden um einen Bereich versetzt, damit hier kein Kurzschluß erfolgt. Der Aufwand beim Stapeln der einzelnen Piezolagen ist dabei sehr hoch, da bis zu mehreren Hundert einzelne Folienschichten separat verarbeitet werden müssen.

Vorteile der Erfindung

Das eingangs beschriebene Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen, mit dazwischen angeordneten Elektroden und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden, kann in vorteilhafter Weise Bestandteil eines Piezoaktor sein, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen benutzt werden kann. Erfindungsgemäß bestehen die einzelnen Piezolagen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie aus Piezokeramik, die ganz oder teilweise mit elektrisch leitenden Elektroden versehen sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Folie durch Aufbringen von Lösungsmitteln in vorteilhafter Weise biegbar gemacht worden und beidseitig bis auf einen vorgegebenen Bereich an den Enden in Längsrichtung zur Herstellung der Elektroden metallisiert, beispielsweise auch durch Bedrucken oder Sputtern. Hierbei sind die vorgegebenen Bereiche ohne Elektrodenmaterial am Ende der gefalteten Schichten vorgesehen um keinen Kurzschluss im

Piezoelement nach dem Anbringen von Außenelektroden hervorzurufen.

Jeweils außen im Biegebereich der gefalteten Keramikschicht können auf einfache Weise die Außenelektroden zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht angebracht werden, wobei die Außenelektroden aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bzw. auch aus einer Wellelektroden bestehen können.

Um das gesamte Piezoelement nach außen zu isolieren, ist der Mehrschichtaufbau der Piezolagen jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte versehen.

Bei einem vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements der zuvor beschriebenen Art werden folgende Herstellungsschritte durchgeführt:

- Die Piezofolie ist durch das Lösungsmittel biegbar und wird in der Breite des Piezoelements geschnitten.
- Die Piezofolie wird auf beiden Seiten bis auf die vorgegebenen Endbereiche metallisiert.
- In vorgegebenen Abständen wird die Piezofolie durch Biegung gefaltet.
- Das gefaltete Paket wird laminiert.
- Das gefaltete Paket wird gesintert.
- Die Außenelektroden werden mittels löten auf die metallisierte Schicht im Biegebereich aufgebracht.
- Alternativ vor dem sintern: Auf die äußeren Piezolagen wird jeweils eine elektrisch isolierende Kopf- und Fussplatte aus Piezokeramik aufgebracht.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehre-

ren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoelements zur Bildung eines Piezoaktors wird anhand der Figur der Zeichnung erläutert, die einen Schnitt durch einen Mehrschichtaufbau des Piezoelements zeigt, der durch Faltung hergestellt ist.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In der einzigen Figur ist ein Piezoelement 1 zur Bildung eines Piezoaktors gezeigt, der aus einer Piezofolie 2 eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung eine mechanische Reaktion des Piezoaktors in Richtung des Pfeiles 3 erfolgt.

Aus der Figur ist erkennbar, dass Piezolagen 4 durch eine Biegung der Piezofolie 2 gebildet sind, wobei die Keramikschicht zuvor in der Breite des Piezoelements 1 geschnitten worden ist und mit einem Lösungsmittel biegbar gemacht wurde. Die Piezofolie 2 wurde vor der Biegung auf beiden Seiten bis auf die vorgegebenen Endbereiche 5 metallisiert, damit sich Elektroden 6 und 7 herausbilden, die nach der Faltung jeweils wechselseitig als Innenelek-

troden 6 und 7 wirken. Der Abstand der Elektroden 6 und 7 zueinander weist hier den Betrag s auf, entsprechend der Dicke der Piezolagen 4 und entsprechen dem radialen Abstand der Innenelektroden 6, 7 im Biegebereich.

Nach einem Sinterprozess wird das gefaltete Paket der Piezolagen 4 mit Außenelektroden 8 und 9 versehen, die beim gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils aus einer metallischen Wellelektrode bestehen. Im jeweiligen Biegebereich werden die Außenelektroden 8 und 9 mit der metallisierten Schicht auf den Piezolagen 4 elektrisch leitend verbunden, so dass eine elektrische Spannung auf die Innenelektroden 6 und 7 zur Erzeugung des Piezoeffekts aufbringbar ist.

Auf die äußeren Piezolagen 4 ist noch jeweils eine elektrisch isolierende Kopfplatte 10 und eine Fussplatte 11 aufgebracht, durch die das gesamte Piezoelement 1 nach außen hin abisoliert werden kann.

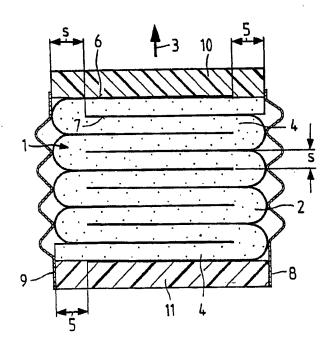
<u>Patentansprüche</u>

- 1)Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen
- (4) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6,7) und mit
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6,7) über Außenelektroden (8,9), wobei
- die einzelnen Piezolagen (4) aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie (2) (aus Keramik ?) bestehen, die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6,7) versehen sind.
- 2) Piezoelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Folie (2) durch Lösungsmittel biegbar ist und beidseitig bis auf einen vorgegebenen Bereich (5) an den Enden in Längsrichtung zur Herstellung der Elektroden (6,7) metallisiert ist und dass

- jeweils außen im Biegebereich der gefalteten Folie (2) die Außenelektroden (8,9) zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht angebracht sind.
- 3) Piezoelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden (8,9) aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bestehen.
- 4) Piezoelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden aus Wellelektroden (8,9)bestehen.
- 5) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Mehrschichtaufbau der Piezolagen (4) jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte (10,11) versehen ist.
- 6) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Piezoelement (1) Bestandteil eines Piezoaktor ist, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen heranziehbar ist.

- 7) Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Piezofolie (2) in der Breite des Piezoelements (1) geschnitten und mit dem Lösungsmittel biegbar gemacht wird, dass
- die Piezofolie (2) auf beiden Seiten bis auf die vorgegebenen Endbereiche (5) metallisiert wird, dass
- die Piezofolie (2) in vorgegebenen Abständen durch Biegung gefaltet wird, dass
- das gefaltete Paket nach dem laminieren gesintert wird und dass
- die Außenelektroden (8,9) mittels löten auf die metallisierte Schicht im Biegebereich aufgebracht wird.
- 8) Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
- auf die äußeren Piezolagen (4) vor dem sintern eine elektrisch isolierende Kopf- und Fussplatte (10,11) aus Piezokeramik aufgebracht wird.

1/1



Internati 'Application No PCT/DE 00/01628

		PCT/DE OU	/01028
CLASSIFI PC 7	ICATION OF SUBJECT MATTER H01L41/083 H01L41/047		
ccording to	international Patent Classification (IPC) or to both national classificat	ion and IPC	
FIELDS S	BEARCHED		
IPC 7	umentation searched (classification system followed by classification HO1L		
	on searched other than minimum documentation to the extent that su		
	ata base consulted during the international search (name of data bas , WPI Data, PAJ, EPO-Internal	e and, where practical, search terms use	a)
2. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the rele	want passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14 July 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASE	T CAPP)	1
A	17 April 1989 (1989-04-17)	.1 com /,	7
	abstract -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KAS 17 April 1989 (1989-04-17) page 2, right-hand column; figure		
A	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, vol. 187, November 1979 (1979-11 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353 page 628, right-hand column; fig		1,4,7
		-/	
X Fu	inther documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are list	led in annex.
A documents on the control of the	categories of cited documents : ment defining the general state of the art which is not sidered to be of particular relevance or document but published on or after the international	"T" later document published after the or priority date and not in conflict cited to understand the principle of invention "X" document of particular relevance; it	vith the application but ritheory underlying the ne claimed invention
filing "L" documents which cital "O" documents othe	g date ment which may throw doubts on priority claim(e) or ch is cited to establish the publication date of another tion or other special reason (as specified) iment referring to an oral disclosure, use, exhibition or er means	cannot be considered novel or cal involve an inventive step when the "Y" document of particular relevance: it cannot be considered to involve a document is combined with one o ments, such combination being of in the art.	e document is taken alone he claimed invention n inventive step when the r more other such docu-
late	ment published prior to the international filing date but or than the priority date claimed	"&" document member of the same particle. Date of mailing of the international	
Date of t	the actual completion of the international search 26 September 2000	17/10/2000	i addigit topott
Name a	nd mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2	Authorized officer	
	European Patent Unice, P.B. 3819 Patentalan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni. Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

1

Internat' 1 Application No PCT/DE 00/01628

		PC1/DE 00/01026		
ategory °	ktion) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document	3,4,6,7		
	·			

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

1

im-matter on patent family members

interneti Application No
PCT/DE 00/01628

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 01097604 A	17-04-1989	NONE	
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

Internet* tes Aktenzeichen
PCT/DE 00/01628

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01L41/083 H01L41/047

Nach der Internationalen Patentidassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Massifikationssystem und Massifikationssymbole) $IPK \ 7 \qquad H01L.$

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

Weitere Veröffentlichungen sind der Fonsetzung von Feld C zu

C. ALS WE	C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN					
Kategorie*	Bezeigtnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.				
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14. Juli 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP),	1				
A	17. April 1989 (1989-04-17) Zusammenfassung -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17. April 1989 (1989-04-17) Seite 2, rechte Spalte; Abbildungen	7				
A	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, Bd. 187, November 1979 (1979-11), Seiten 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353 Seite 628, rechte Spalte; Abbildungen 2-4	1,4,7				
	-/					

entnehmen	
 Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist 	T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondem nur zum Verständnis des der Ertfindung zugrundellegenden Prinzips oder der ihr zugrundellegenden
 "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anneldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist 	Theorie ängegeben isf "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. September 2000	17/10/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C

X Siehe Anhang Patentfamilie

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

PCT/DE 00/01628

O (Foods at	Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN					
	(Interesting) ALS Wegent Duri Andersenene on Enteresten (Integorie* Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Betr. Anspruch Nr.					
- Caregorio	Detaining and Advisorment with control and a second					
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument		3,4,6,7			

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

1

1	Internati » Akterizelchen	
	PCT/DE 00/01628	

INTERI Angaba	NATIONA n zu Veröffentlic	LER hunger., .	RECHERCHENB	ERICHT		 s Akterizelchen 00/01628	
Im Doc	nerchenbericht s Patentdokum		Datum der Veröffentlichung		tglied(er) de atentfamilie	 Datum der Veröffentlichung	
	1097604	A	17-04-1989	KEIN	IE .		
EP 0	844678	A	27-05-1998	DE JP	19648! 102292	28-05-1998 25-08-1998	

Formblatt PCT/ISA/210 (Arhang Paterntamilie)(Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2001-182492

DERWENT-WEEK: 200209

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezo actuator e.g. for fuel injection valve in motor vehicle, has outer electrode adapted for thermal expansion, expansion zones between piezo layers, and passive zones with matched expansion coefficients

INVENTOR: HEDRICH, A; HEINZ, R

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028190 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY: **PAGES** LANGUAGE PUB-DATE PUB-NO MAIN-IPC H01L 000 N/A July 31, 2001 KR 2001072510 041/08 015 H01L December 28, 2000 G Α 041/047 WO 200079608 January 11, 2001 N/A 000 H01L 041/083 000 H01L G June 27, 2001 **A1** 041/047 000 N/A August 15, 2001 DE 19928190 A1 H01L 041/047 EP 1110250 A1 CZ 200100578 **A3**

DESIGNATED-STATES: CZ JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL P

T SE AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

APPLICATION-DATA:

APPL-DESCRIPTOR APPL-NO PUB-NO

APPL-DATE

2001KR-0701954 N/A KR2001072510A

February 15, 2001

June 19, 2000WO-DE01930 N/A WO

2000

1999DE-1028190 June 19, N/A 200079608A1

1999

2000EP-0949090 June DE 19928190A1 N/A

19, 2000

2000WO-DE01930 June EP 1110250A1 N/A

19, 2000

N/A WO 200079608 EP 1110250A1 Based on

2000WO-DE01930 June EP 1110250A1 N/A

19, 2000

June 19, 2000 2001CZ-0000578 N/A CZ N/A

200100578A3

WO 200079608 Based on

CZ 200100578A3

CZ

200100578A3

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/08; H01L041/083

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079608A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezoelectric actuator has a multilayer structure

of ceramic piezo layers and intervening internal electrodes (2,3) with alternating lateral contacts for the internal electrodes via external electrodes (6,7) carrying an electrical voltage. There are a first external

electrode (6) in the form of a conducting surface and a second, mesh-like or

corrugated electrode (7) in contact with the first at points with

expansion areas between the piezo layers have passive zones (10) without internal electrode layers, in which the piezo material and the external electrode material have approximately equal thermal coefficients of expansion.

USE - E.g. for actuating a mechanical component such as a fuel injection valve in motor vehicle.

ADVANTAGE - Overcomes certain problems arising from mechanical stresses with a multilayer structure.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of the layer structure of a piezo actuator

internal electrodes 2,3

external electrodes 6,7

passive zones 10

CHOSEN-DRAWING: Dwg.3/3

TITLE-TERMS:
PIEZO ACTUATE FUEL INJECTION VALVE MOTOR VEHICLE
OUTER ELECTRODE ADAPT THERMAL
EXPAND EXPAND ZONE PIEZO LAYER PASSIVE ZONE MATCH
EXPAND COEFFICIENT

DERWENT-CLASS: V06 X22

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U03; X22-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130311

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum 28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 00/79608 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: 41/083

H01L 41/047,

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01930

(22) Internationales Anmeldedatum:

19. Juni 2000 (19.06.2000)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Dentsch

(30) Angaben zur Priorität:

199 28 190.4

19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE). HEDRICH, Alexander [DE/DE]; Grundstr. 6, D-70499 Stuttgart (DE).

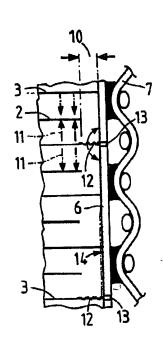
(81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DB, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IB, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR WITH AN OUTER ELECTRODE THAT IS ADAPTED FOR THERMAL EXPANSION

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR MIT WÄRMEDEHNUNGSANGEPASSTER AUSSENELEKTRODE



- (57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator, e.g. for activating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator has a multilayered structure of piezoelectric layers with inner electrodes (2, 3) situated in between. A first outer electrode (6) is applied to a lateral surface and provides a conductive surface, said lateral surface being connected to the respective inner electrodes (2, 3). A second mesh-or woven-type outer electrode (7) is located on the first (6). A passive area (10) without an inner electrode layer is provided in the areas of the piezoelectric layers, which each have an inner electrode (2, 3) that is connected to the opposite side, respectively. The ceramic piezoelectric material, at least in the passive area (10), and the material of the two outer electrodes (7) have an almost identical temperature expansion coefficient, which reduces the effects of mechanical tensions in the piezoelectric actuator. The second outer electrode (7) preferably consists of a nickel-iron alloy such as invar and the piezoeramic consists of lead zirconate titanate.
- (57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einen Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) aufweist. Eine erste Aussenelektrode (6) ist als eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert ist und eine zweite netzoder gewebeartige Aussenelektrode (7) ist auf der ersten (6) angeordnet. In den Bereichen der Piezolagen, die jeweils eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode (2, 3) aufweisen, ist eine passive Zone (10) ohne Innenelektrodenschicht vorhanden. Das keramische Piezomaterial zumindest in der passiven Zone (10) und das Material der zweiten Aussenelektroden (7) weisen dabei einen nahezu

gleichen Temperaturausdehnungskoeffizienten auf, wodurch der Einfluss von mechanischen Spannungen im Piezoaktor vermindert werden kann. Bevorzugt besteht die zweite Außenelektrode (7) aus einer Nickel-Eisen-Legierung wie Invar. und die Piezokeramik aus Bleizirkonettitanet.

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

WO 00/79608 A1



Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der f\u00fcr Änderungen der Anspr\u00fcche geltenden Frist; Ver\u00f6ffentlichung wird wiederholt, falls \u00e4nderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

PIEZOAKTOR MIT WÄRMEDEHNUNGSANGEPASSTER AUSSENELEKTRODE

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die

elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

Solche Piezoaktoren könne beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschlusselektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegen Seiten kontaktiert werden. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass bei einem Mehrschichtaufbau von keramischen Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden, als eine erste Außenelektrode eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist und eine zweite netz-, gewebeartige oder gewellte Außenelektrode auf der ersten angeordnet ist. Die zweite Außenelektrode ist

zumindest punktweise mit der ersten kontaktiert, wobei zwischen den Kontaktierungen dehnbare Bereiche zu liegen kommen.

In den Bereichen zwischen zwei Piezolagen, die jeweils eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode-aufweisen, ist eine passive-Zone ohne Innenelektrodenschicht vorhanden, wobei erfindungsgemäß das keramische Piezomaterial zumindest in der passiven Zone und das Material der zweiten Außenelektrode einen nahezu gleichen Temperaturausdehnungskoeffizienten aufweisen.

Die erste Außenelektrode kann eine dünne, z.B. einige µm dicke Schicht aus Ni, Ni+Cu oder Ni+PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors haftet; die zweite Außenelektrode ist hier zum Schutz gegen Querrisse angeordnet, die die Stromleitung in der Außenelektrode unterbrechen kann. Die Querrisse können an der ersten Außenelektrode durch Delamination in den Innenelektroden, infolge von Zugspannungen in den Piezolagen in den passiven Zonen, entstehen. Durch die Anordnung der netzartigen zweiten Außenelektrode werden die Querrisse gestoppt und die ev. in der ersten Außenelektrode unterbrochene Stromleitung überbrückt.

Außerdem kommt es bei schnellen Temperaturwechseln von beispielsweise -40°C bis +160°C im Piezoaktor auch ev. zu Ablösungen zwischen der ersten Außenelektrode und der Piezokeramik infolge zu großer Schubspannungen, wenn die Temperaturausdehnungskoeffizienten des Piezokeramikmaterials und des Materials der Außenelektroden zu sehr voneinander abweichen. Insbesondere die zweite Außenelektrode würde dann wegen der größeren Dicke (ca. 100 μ m) im Vergleich zur ersten Schicht (ca. 5 μ m) große Schubkräfte erzeugen.

In besonders vorteilhafter Weise können die mechanischen Spannungen im Piezoaktor vermindert werden, wenn die keramischen Piezolagen und die zweiten Außenelektroden einen annähernd übereinstimmenden Temperaturausdehnungskoeffizienten von ca. 1 * 10⁻⁶ * 1/K bis 10 * 10⁻⁶ * 1/K aufweisen. Als Herstellungsmaterial kommt dabei für die keramischen Piezolagen Bleizirkonattitanat und für die zweiten Außenelektroden Eisen-Nickel-Legierungen, z.B. Invar, in Frage. Zur Verbesserung der Lötbarkeit dieses Materials kann es zunächst mit einer dünnen (z.B. 5 & 10 µm) Schicht aus Kupfer beschichtet werden. Danach kann eine Sn-Pb-Lotschicht aufgebracht werden, um die zweite Außenelektrode auf die erste aufzulöten.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoaktors wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und Innenelektroden sowie einer netzartigen Außenelektrode auf einer ersten flächigen Außenelektrode;

Figur 2 eine Draufsicht auf die netzartige Außenelektrode nach der Figur 1 und Figur 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau und die Außenelektroden in passiven Zonen der Piezolagen mit den dort durch auftretende mechanische Schub- und Querspannungen entstehenden Rissen.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt. Aus Figur 2 ist eine Seitenansicht dieser Anordnung zu entnehmen.

Mit den Innenelektroden 2 und 3 steht eine erste flächige Außenelektrode 6 in Kontakt, die wiederum mit einer zweiten netzartigen Außenelektrode 7 über Punktkontakte 8, beispielsweise durch Löten oder Schweißen, kontaktiert ist. Die erste Außenelektrode 6 kann eine dünne, z.B. einige µm dicke, Schicht aus Ni, Ni+Cu oder Ni+PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors 1 haftet.

Beim Detailschnitt nach Figur 3 ist der Lagenaufbau und sind die seitlich anliegenden Außenelektroden 6 und 7 nach den Figuren 1 und 2 deutlich zu erkennen. Es ist hier eine passive Zone 10 angedeutet, in der das elektrische Feld gemäß der Pfeile 11 nicht stark ausgeprägt ist, wodurch die Dehnung des Piezoaktors 1 nicht frei erfolgt sondern über Zugspannung im Keramikmaterial des Piezoaktors 1 erzwungen wird. Dadurch können Delaminationen 12

entstehen, die hier an einigen Innenelektroden 3 angedeutet sind. Die Delamination 12 kann dabei in einen Riss 13 in der ersten Außenelektrode 6 übergehen. Allerdings wird der Riss 13 durch die netzartige zweite Außenelektrode 7 gestoppt und leitend überbrückt.

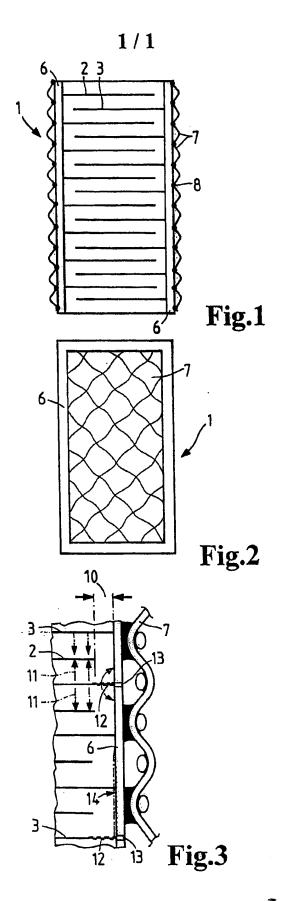
Weiterhin sind in der Figur 3 auch Schubrisse 14 angedeutet, die zwischen dem Keramikmaterial der Piezolagen und der ersten Außenelektrode 6 durch unterschiedliche Temperaturausdehnung der Pizokeramik und der zweiten Außenelektrode 7 entstehen können. Die relativ dünne erste Außenelektrode 6 hat hier keinen großen Einfluss.

<u>Patentansprüche</u>

- 1) Piezoaktor, mit
- einem Mehrschichtaufbau von keramischen Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2,3),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2,3) über Außenelektroden (6,7), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
- als eine erste Außenelektrode (6) eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und eine zweite netz-, gewebeartige oder gewellte Außenelektrode (7) auf der ersten (6) angeordnet ist, wobei die zweite Außenelektrode zumindest punktweise mit der ersten (6) kontaktiert ist und wobei zwischen den Kontaktierungen dehnbare Bereiche zu liegen kommen und wobei
- in den Bereichen der Piezolagen, die jeweils eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode (2,3) aufweisen eine passive Zone (10) ohne Innenelektrodenschicht vorhanden ist und das keramische Piezomaterial zumindest in der passiven Zone

- (10) und das Material der zweiten Außenelektroden (7) einen nahezu gleichen Temperaturausdehnungskoeffizienten aufweisen.
- 2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- die keramischen Piezolagen und die zweiten Außenelektroden (7) einen Temperaturausdehnungskoeffizienten von ca. 1 * 10⁻⁶ * 1/K bis 10 * 10⁻⁶ * 1/K aufweisen.
- 3) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die keramischen Piezolagen aus Bleizirkonattitanat sind.
- 4) Piezoaktor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- die zweiten Außenelektroden (7) aus einer Eisen-Nickel-Legierung, gegebenenfalls mit einer Kupferbeschichtung, hergestellt sind.

PCT/DE00/01930



Internatio \pplication No PCT/DE 00/01930

A. CLASSIFI IPC 7	CATION OF SUBJECT MATTER H01L41/047 H01L41/083		
a	International Patent Classification (IPC) or to both national classification	and IPC	
B. FIELDS S			
Minimum doc	umentation searched (classification system followed by classification s	symbols)	
IPC 7	H01L		
Documentation	on searched other than minimum documentation to the extent that such	ndocuments are included in the fields sea	irched
	ta base consulted during the international search (name of data base	and, where practical, search terms used)	
	cernal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUME	INTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relav	ant passages	Relevant to dalm No.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document		1,3
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10 June 1999 (1999-06-10) the whole document		1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 December 1995 (1995-12-26) & JP 07 226544 A (NIPPONDENSO CO 1) 22 August 1995 (1995-08-22) abstract	LTD),	1
Fu	nther documents are listed in the continuation of box C.	X Patent family members are liste	d in annex.
"A" docur cons "E" earlie filling "L" docur white cital "O" docu- othe	ment defining the general state of the art which is not sidered to be of particular relevance or document but published on or after the international g date ment which may throw doubts on priority claim(s) or the side to establish the publication date of another tion or other special reason (as specified) unment referring to an oral disclosure, use, exhibition or er means	"T" later document published after the in or priority date and not in conflict will cited to understand the principle or to invention "X" document of particular relevance; the carnot be considered novel or carnot involve an inventive step when the carnot be considered to involve an document of particular relevance; the carnot be considered to involve an document is combined with one or ments, such combination being obvin the art. "&" document member of the same pate	n the application but heory underlying the claimed invention of be considered to document is taken alone e claimed invention inventive step when the more other such docu- ious to a person skilled
late	r than the priority date claimed	Date of mailing of the international	
Date of the	ne actual completion of the international search 20 October 2000	27/10/2000	
	the state of the s	Authorized officer	
Name ar	nd mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

1

Info. .ation on patent family members

Internatio 'pplication No
PCT/DE 00/01930

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0844678	A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
DE 19753930	A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
JP 07226544	A	22-08-1995	NONE	·

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

Internatic s Aktenzeichen
PCT/DE 00/01930

	DES ANNE DIMORGE CENTAINES	L	
A KLASSIFI IPK 7	ZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES H01L41/047 H01L41/083	•	1
A1 IX /			
Nach der Inte	rmationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifik	cation und der IPK	
B. RECHER	CHIERTE GEBIETE		
	er Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
IPK 7	H01L		
Recherchiert	e aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, sowei	t diese unter die recherchierten Gebiete t	allen
Während der	r internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Nam	e der Datenbank und evil. verwendete S	uchbegriffe)
 FLO-TU	ternal, WPI Data, PAJ		
1			
C. ALS WE	SENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe d	er in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG)		1,3
^	27. Mai 1998 (1998-05-27)	1	
1	das ganze Dokument		
1			1,4
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10. Juni 1999 (1999-06-10)		*, *
	das ganze Dokument		
Ì	das ganze bokument		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN		1
1''	vol. 1995, no. 11,		
	26. Dezember 1995 (1995-12-26)	TD.)	
]	& JP 07 226544 A (NIPPONDENSO CO L	-107,	
	22. August 1995 (1995-08-22) Zusammenfassung		
	Zusamment assuring		
1			
☐ we	eitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu	X Siehe Anhang Patentfamilie	
ent	tnehmen	T* Spätere Veröffentlichung, die nach de	m internationalen Anmeldedatum
HAN Marah	fantlichung, die den sildemeinen Stand, der Technik definiert,	oder dem Prioritätsdatum veromentiic	ur zum Verständnis des der
aber	nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist s Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen	Erfindung zugrundeliegenden Prinzip Theorie angegeben ist	s oder der ihr zugrundeliegenden
l Anm	reldedatum veroffentlicht worden ist	'v' Varöffentlicht ma von besonderer Bed	eutung; die beanspruchte Erfindung
	fentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er- einen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer	kann allein aufgrund dieser Veröffent erfinderischer Tätigkeit beruhend bet	rachtet werden
	enen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden - eren im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden - oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie	kana ojoht ale sut ertindenscher i 300	aker berineng betracilet
aus	geführt) Haatlichung, die sich auf eine mündliche, Offenbarung,	werden, wenn die Veröffentlichung in Veröffentlichungen dieser Katedorie	in Verbindung gebracht wird und
	Renutzung, eine Ausstellung oder andere Maishahmen bezieht	diese Verbindung für einen Fachmar	in nahetregend ist
den	n beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselb	
Datum de	es Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen f	recheloner perionia
}	20 014-6 2000	27/10/2000	
	20. Oktober 2000		
Name un	nd Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter	
1	Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk		
	Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C	
		1	

Angaben zu Veröffentlichungen, ... zur seiben Patentfamilie gehören

Internation Aktenzeichen
PCT/DE 00/01930

im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
DE 19753930 A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
JP 07226544 A	22-08-1995	KEINE	

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2002-082711

DERWENT-WEEK: 200211

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelectric multilayered actuator for fuel injection has a stack of

thin piezo-active insulating layers holding inner electrodes leading alternately out of the stack and connecting in parallel via outer electrodes.

INVENTOR: HEINZ, R; SUGG, B

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1017975 (April 11, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES

MAIN-IPC

DE 10017975 A1 October 25, 2001 N/A 000

H01L 041/047

WO 200178158 October 18, 2001 G 021

H01L 041/047

A1

DESIGNATED-STATES: CZ JP KR AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT S E TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO

APPL-DATE

DE 10017975A1 N/A 2000DE-1017975 April 11,

2000

WO N/A 2001WO-DE00651 February

21, 2001 200178158A1

INT-CL (IPC): H01L041/047; H01L041/083; H02N002/04

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200178158A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - One or more outer electrodes has a conducting layer

and an interwoven structure (5) connected to the conducting layer in certain

places. The interwoven structure comprises weft threads (10) and warp threads

(11), which form lozenge-shaped gaps or mesh (12) with an inner angle (16) that is adapted to piezo material.

USE - In internal combustion engine fuel injection, e.g. common-rail diesel injectors.

ADVANTAGE - The interwoven structure is embodied and connected to the

conducting layer in such a way that forces arising from stack contraction or

dilation during the operation of a multilayered actuator in the area of the

outer electrodes can be compensated inside the interwoven structure.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows an interwoven structure in the form of a filter with lozenge-shaped mesh.

Interwoven structure 5

Weft thread 10

Warp thread 11

Lozenge-shaped gap or mesh 12

Inner angle 16

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

TITLE-TERMS:
PIEZOELECTRIC MULTILAYER ACTUATE FUEL INJECTION
STACK THIN PIEZO ACTIVE
INSULATE LAYER HOLD INNER ELECTRODE LEADING
ALTERNATE STACK CONNECT PARALLEL
OUTER ELECTRODE

DERWENT-CLASS: V06 X22

EPI-CODES: V06-M06D3; V06-U03; X22-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-061669

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum Internationales Büro



3550 CROSS O BUSS COLO 100 CROSS CO

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum 18. Oktober 2001 (18.10.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 01/78158 A1

(51) Internationale Patentklassifikation7: 41/083

H01L 41/047,

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/D

PCT/DE01/00651

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. Februar 2001 (21.02.2001)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 100 17 975.4 11. April 2000 (11.04.2000) DE

- (71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Post-fach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder: HEINZ, Rudolf; Eltinger Weg 26, 71272 Renningen (DE). SUGG, Bertram; Friedrich-Schaffert-Strasse 8, 70839 Gerlingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, KR.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der f

 ür Änderungen der Anspr

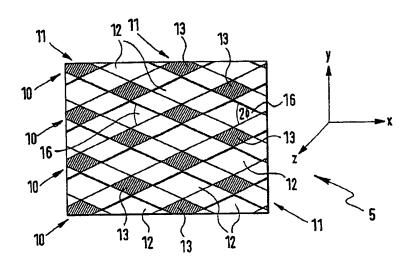
 üche geltenden
 Frist; Ver

 öffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
 eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC MULTILAYERED ACTUATOR

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER VIELSCHICHTAKTOR



(57) Abstract: Disclosed is a multilayered actuator provided with a stack (31) of thin insulating layers (20) made of a piezoactive material, wherein incorporated inner electrodes (21,22) alternatingly leading out of said stack (31) are electrically connected in parallel via outer electrodes (23,24) which are respectively associated with one side of the stack (31). At least one of the outer electrodes (23, 24) has a conducting layer (15) and an interwoven structure (5) which is connected to the conducting layer (15) in certain places, whereby said interwoven structure is embodied in such a way and connected to the conducting layer (15) in such a way that forces arising during the operation of the multilayered actuator in the region of the outer electrodes (23,24) as a result of a longitudinal contraction/longitudinal dilation of the stack (31) can be at least substantially compensated inside said interwoven structure (5). The interwoven structure especially comprises weft threads (10) and warp threads (11) which form lozenged gaps or meshes (12) with an inner angle (16) which is adapted to the piezoactive material

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/78158 A1

. | 1984 | 1985 | 1985 | 1985 | 1985 | 1985 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1

⁽⁵⁷⁾ Zusammenfassung: Es wird ein Vielschichtaktor mit einem Stapel (31) dünner Isolierschichten (20) aus einem piezoaktiven Material vorgeschlagen, wobei eingelagerte, wechselseitig aus dem Stapel (31) herausführende Innenelektroden (21, 22) über einer jeweiligen Seite des Stapels (31) zugeordnete Außenelektroden (23, 24) elektrisch parallel geschaltet sind. Weiter weist mindestens eine der Außenelektroden (23, 24) eine Leitschicht (15) und ein mit der Leitschicht (15) stellenweise verbundenes Geflecht (5) auf, das derart ausgebildet und stellenweise mit der Leitschicht (15) verbunden ist, dass bei Betrieb des Vielschichtaktors im Bereich der Außenelektroden (23, 24) auftretende Kräfte aufgrund einer Längskontraktion/Längsdilatation des Stapels (31) innerhalb des Geflechtes (5) zumindest weitgehend ausgeglichen werden. Insbesondere weist das Geflecht (5) Schuss- (10) und Kettfäden (11) auf, die rautenförmige Zwischenräume bzw. Maschen (12) mit an das piezoaktive Material angepasstem Innenwinkel (16) bilden.

- 1 -

5

10

15

20

25

30

35

Piezoelektrischer Vielschichtaktor

Die Erfindung betrifft einen Vielschichtaktor mit einem Stapel dünner Isolierschichten aus einem piezoaktiven Material nach der Gattung des Hauptanspruches.

Stand der Technik

Bekannte piezoelektrische Vielschichtaktoren, wie sie beispielsweise in Common-Rail-Dieselinjektoren bzw. in der Benzin-Direkteinspritztechnik eingesetzt werden, zeigen je nach
Geometrie der eingesetzten Innenelektroden teilweise Delaminationsstellen im Bereich inaktiver Zonen des Vielschichtaktors, d. h. insbesondere im Randbereich, was schließlich zu
Rissen in den außen angebrachten Außenelektroden führen
kann. Diese Risse führen zu einer Unterbrechung der Stromzufuhr zu Teilen des Vielschichtaktors, so dass einzelne Isolierschichten mit piezoaktivem Material oder Gruppen von
solchen Isolierschichten von der außen anliegenden Spannungsversorgung getrennt und damit inaktiv sind.

Ein monolithischer Vielschichtaktor, wie er auch Ausgangspunkt für die vorliegende Erfindung war, ist beispielsweise aus DE 196 48 545 Al bekannt, wobei auch bereits das Problem der Delamination und der Ausbildung von Rissen in dem Piezoaktor diskutiert wird.

Zur Vermeidung dieser Delaminationen bzw. der Ausbildung von Rissen wird dort vorgeschlagen, die Seitenfläche des Piezoaktors mit einer Grundmetallisierung zu versehen und auf dieser Grundmetallisierung dann eine dreidimensional strukturierte, elektrisch leitende Elektrode anzuordnen, die mit der Grundmetallisierung über Kontaktstellen oder Lötstellen verbunden und gleichzeitig zwischen den einzelnen Kontaktstellen dehnbar ausgebildet ist. Darüber hinaus wird dort bereits vorgeschlagen, diese dreidimensional strukturierte Elektrode in Form eines Drahtgewirkes bzw. eines Drahtgeflechtes auszubilden, das eine wellenförmige oder fischgrätenförmige Strukturierung aufweist.

10

15

5

Durch die vorgeschlagene dreidimensional strukturierte Ausbildung der Elektrode soll erreicht werden, dass die bei Betrieb des Vielschichtaktors insbesondere in den Randbereichen entstehenden Dehnkräfte durch die Struktur der Außenelektrode kompensiert werden, so dass die Lötstellen bzw. Kontaktstellen möglichst wenig beansprucht werden und nicht abreißen.

20

35

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war, eine zu der in DE 196 48 545 Al vorgeschlagenen Lösung alternative Ausführungsform bereitzustellen, wobei durch eine spezielle Ausbildung der Außenelektrode auf eine dreidimensionale Strukturierung insbesondere auch verzichtet werden kann. Darüber hinaus sollen durch die Struktur der Außenelektrode in den Außenelektroden auftretende Kräfte, die durch eine Längskontraktion bzw. Längsdilatation und eine dadurch ebenfalls hervorgerufene Querdehnung bzw. Querstauchung verursacht werden, kompensiert werden.

30 Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Vielschichtaktor hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass bei Betrieb des Vielschichtaktors im Bereich der Außenelektroden auftretende Kräfte, d. h. sowohl Längskräfte als auch Querkräfte, zumin-

5

10

15

20

25

dest weitgehend ausgeglichen werden können, so dass bei Betrieb im Wesentlichen keine Kräfte auf den als Geflecht ausgebildeten Teil der Außenelektroden übertragen werden. Somit werden die Lötstellen oder Kontaktstellen deutlich entlastet und ausfallsicher. Insbesondere ist es nun auch nicht mehr erforderlich, dass das als Teil der Außenelektroden ausgebildete Geflecht die Dehnungen bzw. Dilatationen des Aktors zu einem großen Teil mit macht. Insgesamt wird somit einerseits eine Delamination der Außenelektroden und eine Rissbildung in den Vielschichtaktor vermieden, und andererseits werden die erzeugten Lötstellen deutlich entlastet.

Darüber hinaus hat der erfindungsgemäße Vielschichtaktor den Vorteil, dass auch bei einem unvorhergesehenen Abreißen einer Lötstelle stets ausreichend viele stromführende Pfade als Überbrückungsmöglichkeiten dieser abgerissenen Lötstelle zur Verfügung stehen, so dass das Auftreten von inaktiven Isolationsschichten weitgehend vermieden werden kann.

Dadurch dass die Außenelektroden ein Geflecht aufweisen, das eine siebähnliche Struktur hat, lässt sich zudem nun auch der Lötprozess, d. h. das stellenweise Verlöten des aufgebrachten Geflechtes mit der darunter befindlichen, in unmittelbarem Kontakt mit den Innenelektroden stehenden Leitschicht einerseits und das stellenweise Verlöten des aufgebrachten Geflechtes mit mit einer äußeren Spannungsversorgung in Verbindung stehenden Anschlußkontakten andererseits, effektiv und zuverlässig ausführen und kontrollieren.

30 Schließlich ist es durch die Struktur des Geflechtes nun auch in einfacher Weise möglich, beim Löten eingesetzte Flussmittel bzw. verbliebene Flussmittelreste auszuwaschen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

5

10

15

20

25

30

So kann es vorteilhaft sein, wenn das Geflecht in Form eines Siebes ausgeführt und gleichzeitig die Schuss- und Kettfäden dieses Geflechtes bzw. Siebes eng aufeinander liegen. In diesem Fall wird eine elastische Deformation der Schuss-bzw. Kettfäden bei einer Dehnung des Vielschichtaktors eingeschränkt.

Weiterhin ist vorteilhaft, dass das beim Verlöten eingesetzte Lot nur teilweise in die Schnittstellen (Lötstellen) zwischen Schuss- und Kettfäden einfließen und dort zusätzlich die Dehnung bzw. die elastische Deformation des Geflechtes behindern kann.

Ganz besonders vorteilhaft ist, wenn die Schussfäden und die Kettfäden des aufgebrachten Geflechtes derart miteinander verwoben bzw. verflochten sind, dass die sich einstellenden Zwischenräume, d. h. die Maschen, zumindest näherungsweise die Form einer Raute aufweisen. Diese Raute ist dabei bevorzugt derart orientiert, dass eine der Diagonalen dieser Raute parallel zu einer beim Betrieb des Stapels auftretenden Längskontraktion oder Längsdilatation ausgerichtet ist.

Eine besonders vorteilhafte Weiterführung der Erfindung sieht zudem vor, den Innenwinkel dieser Raute über die bei Betrieb auftretende relative Längenänderung bzw. die relative Querkontraktion des Vielschichtaktors zu definieren. Durch eine definierte Einstellung dieses Winkels auf einen vorgegebenen Wert kann eine zumindest nahezu vollständige Aufhebung der Längs- und Querkräfte in dem Geflecht erreicht werden. Dabei ist weiterhin vorteilhaft, dass sich dieser Innenwinkel der Raute unabhängig von der konkreten relativen Längenänderung bzw. relativen Querkontraktion des Vielschichtaktors über die piezoelektrischen Koeffizienten des

WO 01/78158 PCT/DE01/00651

- 5 -

piezoaktiven Materials der Isolierschichten in eindeutiger Weise festlegen lässt.

Somit kann durch die Ausbildung des als Teil der Außenelektroden aufgebrachten Geflechtes in Form eines Siebes mit rautenförmigen Maschen mit definiertem Innenwinkel eine mechanische Belastung dieses Geflechtes nahezu vollständig vermieden werden. Durch die rautenförmige Ausbildung der Maschen des Siebes und das definierte Auflöten dieses Siebes auf die auf der Seitenfläche des Vielschichtaktors aufgebrachte Leitschicht tritt insbesondere auch keine Dehnung in den Drähten des Siebes bzw. Geflechtes auf. Das Auflöten erfolgt im Übrigen bevorzugt derart, dass der genannten Innenwinkel quer zur Richtung der Längsdilatation oder Längskontraktion ausgerichtet ist.

Das aufgebrachte Geflecht kann vorteilhaft vor dem Verlöten einerseits durch Recken in die richtige Rautenform gebracht werden oder andererseits bereits so gewebt bzw. hergestellt werden.

Insgesamt hat der erfindungsgemäße Vielschichtaktor mit dem als Teil der Außenelektrode ausgebildeten Geflecht den Vorteil einer einfachen Herstellung und deutlich verringerter Ausfallraten.

Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt Figur 1 ein
Geflecht in Form eines Siebes mit rautenförmigen Maschen,
Figur 2 eine Ausschnittvergrößerung aus Figur 1, und Figur 3
einen Vielschichtaktor mit einem Geflecht gemäß Figur 1 als
Teil der Außenelektroden.

30

5

10

15

20

25

5

10

15

20

25

30

35

- 6 -

Ausführungsbeispiele

Die Figur 3 zeigt zunächst einen Schnitt durch einen an sich bekannten Vielschichtaktor 30 in Form eines Stapels 31 piezoaktiver, insbesondere keramischer Isolierschichten 20 mit dazwischen eingelagerten, metallischen Innenelektroden 21, 22. Die Innenelektroden 21, 22 sind wechselseitig aus dem Stapel 31 herausgeführt und über zugeordnete Außenelektroden 23, 24 elektrisch parallel geschaltet. Zur Parallelschaltung der Innenelektroden 21, 22 ist auf den Kontaktseiten des Stapels 31 eine Grundmetallisierung in Form einer Leitschicht 15 aufgebracht, insbesondere aufgelötet, die eine typische Dicke von 2 Mikrometer bis 60 Mikrometer aufweist. Alternativ zum Auflöten kann die Leitschicht 15 auch durch Siebdruck oder galvanisch aufgebracht sein.

Darüber hinaus ist in Figur 3 dargestellt, dass die auf den Kontaktflächen bzw. Seitenflächen des Stapels 31 aufgebrachte Leitschicht 15 jeweils mit einem Geflecht 5 über Lötstellen 13 in Verbindung steht, was im Folgenden noch im Detail erläutert wird.

In Figur 3 ist weiter angedeutet, dass bei Betrieb des Vielschichtpiezoaktors 30 eine Längenänderung Δl in Längsrichtung auftritt. Diese Längenänderung kann je nach von außen angelegter Spannung eine Längskontraktion oder eine Längsdilatation sein. Die Längsrichtung ist in Figur 3 im übrigen durch die y-Richtung gekennzeichnet. Durch die Längenänderung in y-Richtung tritt zwangsläufig auch eine Querkontraktion oder Querdilatation Δb in x-Richtung und z-Richtung auf. Weitere Details zu dem, abgesehen von der Struktur des Geflechtes 5, bekannten Vielschichtaktor 30 können der DE 196 48 545 A1 entnommen werden. Darüber hinaus sind derartige monolithische Vielschichtaktoren auch in DE 40 36 287 C2 beschrieben.

10

15

20

25

- 7 -

Die Figur 1 erläutert im Einzelnen die Struktur des Geflechtes 5 gemäß Figur 3, das stellenweise auf die Leitschicht 15 aufgelötet ist. Das Geflecht 5 besteht dabei aus zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufenden Schussfäden 10 und zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufenden Kettfäden 11, die in ihren Schnittstellen 13 miteinander verbunden, insbesondere miteinander verlötet sind. Die Schussfäden 10 und die Kettfäden 11 sind im erläuterten Beispiel aus elektrisch leitfähigen Fäden, insbesondere metallischem Draht, gefertigt, der bevorzugt einen Durchmesser von 10 Mikrometer bis 250 Mikrometer, insbesondere

Das Geflecht 5 hat somit die Form eines Siebes, wobei die Schnittstellen 13 von Schussfäden 10 und Kettfäden 11 miteinander verbunden sind. Weiterhin sind die Schussfäden 10 und die Kettfäden 11 in dem Geflecht 5 derart miteinander verwoben bzw. verflochten, dass sich die einstellenden Zwischenräume 12, d. h. die sich bildenden Maschen, zumindest näherungsweise die Form einer Raute aufweisen. Das Geflecht 5 ist dabei derart orientiert bzw. derart auf die Leitschicht 15 aufgebracht, dass eine erste Diagonale 26 der rautenförmigen Zwischenräume 12 parallel zu der beim Betrieb des Stapels 31 auftretenden Längskontraktion bzw. Längsdilatation ausgerichtet ist. Die erste Diagonale 26 ist somit parallel der y-Richtung orientiert, während die zweite Diagonale der rautenförmigen Zwischenräume 12 parallel zu der x-Richtung oder der z-Richtung orientiert ist.

30

Die Maschenweite der Zwischenräume 12, d. h. die Abstände der Schussfäden 10 voneinander bzw. der Kettfäden 11 voneinander beträgt typischerweise 30 Mikrometer bis 400 Mikrometer, insbesondere 100 Mikrometer bis 200 Mikrometer.

35

10

15

20

25

30

35

Das Geflecht 5 ist im Übrigen bevorzugt an allen Schnittstellen 13 von Schussfäden 10 und Kettfäden 11 mit der Leitschicht 15 verlötet.

Um sicherzustellen, dass bei einer Längskontraktion bzw.

Längsdilatation des Piezoaktors 30 das Geflecht 5 möglichst kräftefrei ist, so dass auf die Lötstellen bzw. Schnittstellen 13 möglichst keine Kräfte einwirken, unterliegen die rautenförmigen Zwischenräume 12 bevorzugt einer einschränkenden Bedingung hinsichtlich des Innenwinkels der Zwischenräume 12. Dies wird mit Hilfe der Figur 2 näher erläutert.

Im Einzelnen zeigt Figur 2 einen Ausschnitt aus Figur 1 im Bereich einer Schnittstelle 13 wobei lediglich ein Teil eines rautenförmigen Zwischenraumes 12 dargestellt ist. Weiter sind in Figur 2 die erste Rautendiagonale 25 und die zweite Rautendiagonale 26 dieses rautenförmigen Zwischenraumes 12 eingetragen. Die zweite Rautendiagonale 26 ist dabei parallel zur y-Richtung gemäß Figur 1 bzw. Figur 3 orientiert. Weiter ist in Figur 2 dargestellt, dass die Kettfäden 11 und die Schussfäden 10 einen ersten Innenwinkel 16 einschließen, der im folgenden mit 2¢ bezeichnet ist. Der erste Innenwinkel 16 ist im erläuterten Beispiel gemäß Figur 2 derjenige Innenwinkel des rautenförmigen Zwischenraumes 12, der von der zweiten Rautendiagonale 25, d. h. der parallel zu der x-Richtung verlaufenden Rautendiagonale, halbiert wird.

Der erste Innenwinkel 16 (2ϕ) wird nun derart dimensioniert, d. h. die Schussfäden 10 und die Kettfäden 11 werden derart miteinander verwoben bzw. nach dem Weben derart gereckt, dass er einerseits quer zur Längsdehnungsrichtung orientiert ist, und andererseits so an die Querdehnung/Querkontraktion und die Längsdehnung/Längskontraktion angepasst ist, dass in den Schussfäden 10 und in den Kettfäden 11 zumindest näherungsweise keine Dehnung auftritt.

An dieser Stelle sei betont, dass bei üblichen Piezoaktoren 30 die relative Längenänderung des Stapels 31, d. h. $\Delta l/l$ wobei l die Höhe des Stapels 31 bezeichnet, zwischen 0,1 % bis 0,15 % liegt. Entsprechend liegen die üblichen relativen Querkontraktionen bzw. Querdilatationen $\Delta b/b$ des Stapels 31, die durch die induzierte Längenänderung Δl hervorgerufen werden, bei etwa der Hälfte der relativen Längenänderung des Stapels 31. Unter der Größe b ist dabei die Seitenlänge einer Seitenfläche des Piezoaktors 30 zu verstehen. Im erläuterten Beispiel hat der Stapel 31 bei Draufsicht in Längsrichtung eine quadratische Grundfläche. Es ist jedoch ebenso möglich, den Stapel 31 mit rechteckiger, sechseckiger oder achteckiger Grundfläche auszubilden.

15

20

10

5

Ein quaderförmiger Piezoaktor 30 der Länge 1 dehnt sich somit beispielsweise bei Anlegen eines elektrischen Feldes E an die Isolierschichten 20 um Δl in Feldrichtung, während er gleichzeitig in den dazu orthogonalen Richtungen kontrahiert wird. Die Breite b reduziert sich dabei um Δb . Die Verhältnisse $\epsilon = \Delta l/l$ und $\delta = \Delta b/b$ werden als Längsdehnung bzw. Ouerkontraktion bezeichnet.

25

Aus der Forderung, dass bei dem aufgelöteten rautenförmigen Geflecht 5 die Seitenlängen der Rauten konstant bleiben soll, d. h. dass der rautenförmige Zwischenraum 12 weder elastisch noch plastisch verformt wird, leitet sich für den ersten Innenwinkel 16 leicht folgender Zusammenhang her:

$$\tan(\phi) = \sqrt{\frac{2\delta - \delta^2}{2\varepsilon + \varepsilon^2}}$$

30

Da in allen Fällen die relative Längenänderung $\Delta l/l$ bzw. die relative Querkontraktion $\Delta b/b$ stets erheblich kleiner 1 ist, kann diese Formel in allen für die Praxis relevanten Fällen angenähert werden durch die Formel:

WO 01/78158

- 10 -

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{\delta}{\epsilon}}$$

PCT/DE01/00651

Da weiter gilt δ = d_{31} . E und ϵ = d_{33} . E, folgt für den Winkel ϕ schließlich:

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{d_{31}}{d_{33}}}$$

Aus vorstehender Formel ergibt sich insbesondere, dass der erste Innenwinkel 16 (2φ) nicht von der angelegten Feldstärke E sondern nur von den den einzelnen Richtungen zugeordneten piezoelektrischen Koeffizienten d₃₁ und d₂₃ des Materials der Isolierschichten 20 abhängig ist, die beispielsweise aus einem piezoaktiven keramischen Material bestehen.

10

15

20

Ansprüche

- 1. Vielschichtaktor mit einem Stapel (31) dünner Isolierschichten (20) aus einem piezoaktiven Material mit eingelagerten, wechselseitig aus dem Stapel (31) herausführenden Innenelektroden (20, 21), die über einer jeweiligen Seite des Stapels (31) zugeordnete Außenelektroden (23, 24) elektrisch parallel geschaltet sind, wobei mindestens eine der Außenelektroden (23, 24) eine Leitschicht (15) und ein mit Leitschicht (15) stellenweise verbundenes Geflecht (5) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) derart ausgebildet und derart stellenweise mit der Leitschicht (15) verbunden ist, dass bei Betrieb des Vielschichtaktors im Bereich der Außenelektrode (23, 24) auftretende Kräfte aufgrund einer Längskontraktion oder einer Längsdilatation des Stapels (31) innerhalb des Geflechtes (5) zumindest weitgehend ausgeglichen werden.
 - 2. Vielschichtaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) jeweils zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufende Schussfäden (10) und jeweils zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufende Kettfäden (11) aufweist, die an ihren Schnittstellen (13) miteinander verbunden, insbesondere verlötet, sind.

30

25

3. Vielschichtaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) derart miteinander verwoben oder verflochten sind, dass die sich einstellen-

10

15

20

den Zwischenräume (Maschen) (12) zumindest näherungsweise die Form einer Raute aufweisen.

- 4. Vielschichtaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) an den Schnittstellen (13) der Schussfäden (10) und der Kettfäden (11) mit der Leitschicht (15) verbunden, insbesondere verlötet, ist.
- 5. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) derart miteinander verwoben oder verflochten sind und dass das Geflecht (5) derart stellenweise mit der Leitschicht (13) verbunden ist, dass eine erste Diagonale (26) der rautenförmigen Zwischenräume (12) parallel zu der beim Betrieb des Stapels (31) auftretenden Längskontraktion oder Längsdilatation ausgerichtet ist.
 - 6. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) des Geflechtes (5) derart miteinander verwoben oder verflochten sind, dass sich als erster Innenwinkel (16) der rautenförmigen Zwischenräume (12), der 2¢ beträgt, ein Winkel ergibt, für den zumindest näherungsweise gilt:

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{\delta}{\varepsilon}}$$
 mit $\delta = \frac{\Delta b}{b}$ und $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

- wobei $\Delta l/l$ die relative Längenänderung des Stapels (31) der Länge l bei einer Längskontraktion oder Längsdilatation und $\Delta b/b$ die relative Querkontraktion oder Querdilatation des Stapels (31) der Seitenbreite b durch die Längenänderung Δl bezeichnet.
- 7. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) des Geflechtes (5) derart miteinander verwo-

25

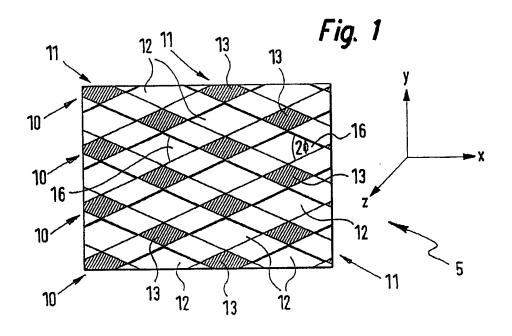
ben oder verflochten sind, dass sich als erster Innenwinkel (16) der rautenförmigen Zwischenräume (12), der 2¢ beträgt, ein Winkel ergibt, für den zumindest näherungsweise gilt:

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{d_{31}}{d_{33}}}$$

wobei d_{31} und d_{33} die der Längenänderung Δl bzw. der dadurch induzierten Querkontraktion Δb entsprechenden piezoelektrischen Koeffizienten des piezoaktiven Materials der Isolierschichten (20) bezeichnen.

- 8. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) aus elektrisch leitfähigen Fäden (10, 11), insbesondere metallischem Draht, besteht.
- 9. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschicht (15) eine metallische Lotschicht, eine aufgedruckte Schicht oder eine galvanisch abgeschiedene Schicht, insbesondere mit einer Dicke von 2 µm bis 60 µm, ist.
 - 10. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stapel (31) bei Draufsicht in Längsrichtung eine rechteckige, quadratische, sechseckige oder achteckige Grundfläche aufweist.
 - 11. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fäden (10, 11) oder der Draht einen Durchmesser von 10 μ m bis 250 μ m, insbesondere 50 μ m bis 150 μ m, aufweisen.

1 / 2



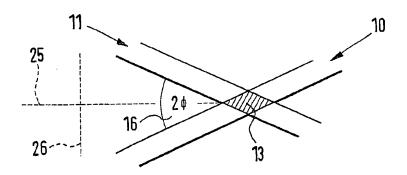


Fig. 2

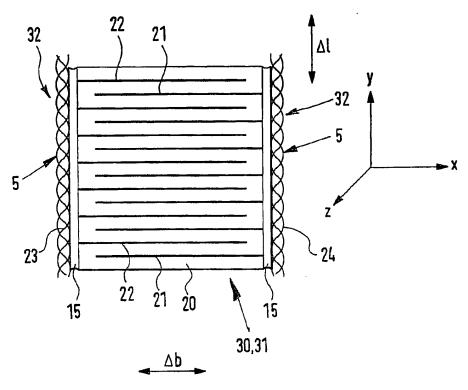


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. .ional Application No PCT/DE 01/00651

A. CLASSI IPC 7	FICATION OF SUBJECT MATTER H01L41/047 H01L41/083				
According to	o International Patent Classification (IPC) or to both national classific	ation and IPC			
B. FIELDS	SEARCHED				
Minimum do	ocumentation searched (classification system followed by classification H01L	ion symbols)			
Documental	tion searched other than minimum documentation to the extent that s	such documents are included in the fields so	earched		
Electronic d	ata base consulted during the international search (name of data ba	ise and, where practical, search terms used)		
EPO-In	ternal, WPI Data, PAJ				
	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the rel	levant passages	Relevant to daim No.		
A	DE 196 48 545 A (CERAMTEC AG) 28 May 1998 (1998-05-28) cited in the application the whole document		1,8-10		
P,A	WO 00 79608 A (ROBERT BOSCH GMBH; RUDOLF ET AL (DE)) 28 December 2000 (2000-12-28) the whole document	; HEINZ	1-5,8,9		
Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.					
'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance 'E' earlier document but published on or after the International filing date 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means 'P' document published prior to the international filling date but		 'T' later document published after the international tiling date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. '&' document member of the same patent family 			
Oate of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report			
3 August 2001 Name and mailing address of the ISA		10/08/2001 Authorized officer			
	European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C			

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int .ional Application No PCT/DE 01/00651

Patent document cited in search report		Publication date	1	Patent family member(s)	Publication date
DE 19648545	A	28-05-1998	EP JP US	0844678 A 10229227 A 6208026 B	27-05-1998 25-08-1998 27-03-2001
WO 0079608	Α	28-12-2000	DE EP	19928190 A 1110250 A	11-01-2001 27-06-2001

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. ionales Aktenzeicher PCT/DE 01/00651

							
A. KLASSII IPK 7	FIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES H01L41/047 H01L41/083						
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK							
	RCHIERTE GEBIETE						
Recherchier IPK 7	ter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbol H01L	le)					
	te aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, sow						
	r Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Na ternal, WPI Data, PAJ	ame der Datenbank und evil. Verwendele S	испредпте)				
C. ALS WE	SENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN						
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe	e der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.				
A	DE 196 48 545 A (CERAMTEC AG) 28. Mai 1998 (1998-05-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument		1,8-10				
P,A	WO 00 79608 A (ROBERT BOSCH GMBH; RUDOLF ET AL (DE)) 28. Dezember 2000 (2000-12-28) das ganze Dokument 	HEINZ	1-5,8,9				
	L	X Siehe Anhang Patentfamilie					
 Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen: 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichung stellt werden soll oder die aus einem anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht P'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach der Merhandissdatum veröffentlichung sich und mit der Anmeldedatum, aber nach (beldigen, sondern und zum Verstentlichung, die verdentung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Prinzips od							
	Abschlusses der internationalen Recherche 3. August 2001	Absendedatum des internationalen Re	cnerchendenchis				
<u></u>	Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollrnächtigter Bediensteter					
	Europäisches Patentarnt, P.8. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nł, Fax: (+31-70) 340-3016	Köpf, C					

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intc onales Aktenzeichen
PCT/DE 01/00651

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokum		Datum der Veröffentlichung		litglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19648545	A	28-05-1998	EP JP US	0844678 A 10229227 A 6208026 B	27-05-1998 25-08-1998 27-03-2001
WO 0079608	A	28-12-2000	DE EP	19928190 A 1110250 A	11-01-2001 27-06-2001

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

DERWENT-ACC-NO: 2001-329718

DERWENT-WEEK: 200213

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Multi-layer piezoelectric actuator e.g. for automobile, aircraft

or

spacecraft, has inner electrodes within piezoceramic layer stack

coupled to

outer electrodes via electrically conductive powder layer

INVENTOR: JAENKER, P

PATENT-ASSIGNEE: JANKER P[JANKI], DAIMLERCHRYSLER

AG[DAIM], JAENKER P[JAENI]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1017331 (April 7, 2000)

PATENT-FAMILY:

PATENT-LVINIE	1.		546	_O
PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	
MAIN-IPC			000	
AU 200160054 A	A October 23, 2001	N/A	000	
H01L 041/083			225	11041
DE 10017331,C	1 June 7, 2001	N/A	005	H01L
041/083		_		
WO 200178159	October 18, 2001	G	000	
H01L 041/083				
A1				

DESIGNATED-STATES: AU BR BY CA CZ HR HU ID IL JP KR LT MX NO NZ PL RO SG SI SK U A US VN YU ZA AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO

APPL-DATE

AU 200160054A N/A 2001AU-0060054 April 5,

2001

AU 200160054A Based on WO 200178159 N/A DE 10017331C1 N/A 2000DE-1017331 April 7,

2000

WO N/A 2001WO-DE01364 April 5, 2001

200178159A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083; H02N002/04

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 10017331C

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezoelectric actuator has a

stack (10) of

piezoceramic layers (8) and intermediate inner electrodes (3),

extending

inwards from outer electrodes (4) on opposite side edges of the stack, in

alternation. The surface contact regions (9) of the inner electrodes are

separated from the outer electrode by an electrically conductive powder layer

(2), applied directly to the side face of the stack.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM for a manufacturing method for a multi-layer piezoelectric actuator is also included.

USE - The piezoelectric actuator can be used in an automobile, an aircraft, or a spacecraft.

ADVANTAGE - The conductive powder layer ensures an electrical contact between

the inner and outer electrodes which is not effected by formation of a crack in

the piezoelectric actuator stack.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a perspective view of a multi-layer piezoelectric actuator.

Electrically conductive powder layer 2

Inner electrodes 3

Outer electrode 4

Piezoceramic layers 8

Surface contact regions of inner electrodes 9

Stack 10

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS:
MULTI LAYER PIEZOELECTRIC ACTUATE AUTOMOBILE
AIRCRAFT SPACECRAFT INNER
ELECTRODE PIEZOCERAMIC LAYER STACK COUPLE OUTER
ELECTRODE ELECTRIC CONDUCTING
POWDER LAYER

DERWENT-CLASS: V06 W06 X22

EPI-CODES: V06-M06D; V06-M11; V06-U03; W06-B01C9; W06-B03X; X22-X;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-237305

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

19 BUNDESREPUBLIK **DEUTSCHLAND**



DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

® Patentschrift

® DE 100 17 331 C 1

(21) Aktenzeichen:

100 17 331.4-35

② Anmeldetag:

7. 4. 2000

(3) Offenlegungstag:

Veröffentlichungstag

der Patenterteilung: 7. 6. 2001 (f) Int. Cl.⁷: H 01 L 41/083 H 02 N 2/04

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Jänker, Peter, Dr.rer.nat., 85748 Garching, DE

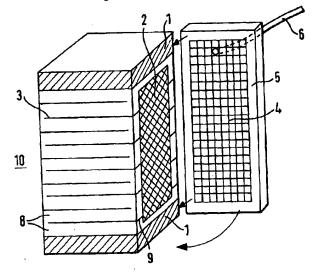
 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

> 196 46 676 C1 DE

> DE 196 48 545 A1

(A) Piezoelektrischer Vielschichtaktuator und Verfahren zu seiner Herstellung

Es wird ein piezoelektrischer Vielschichtaktuator beschrieben, der eine Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels (10) übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten (8) und zwischen diesen angeordnete und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen (9) aus dem Stapel herausgeführte und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode (4) elektrisch parallel geschaltete Innenelektroden (3) umfaßt. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, daß zwischen den Oberflächenkontaktbereichen (9) der Innenelektroden (3) und der Außenelektrode (4) eine elektrisch leitende Pulverschicht (2) vorgesehen ist. Diese elektrisch leitende Pulverschicht (2) gewährleistet eine elektrische Kontaktierung der Innenelektroden (3) gegenüber der Außenelektrode (4), die weitgehend unempfindlich gegenüber einer Rißbildung in dem Piezoelementstapel (10) ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Vielschichtaktuator mit einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten und zwischen den Keramikschichten angeordneten und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen aus dem Stapel herausgeführten und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode elektrisch parallel geschalteten Innenelektroden.

Piezoelektrische Vielschichtaktuatoren finden in piezoelektrischen Betätigungseinrichtungen zunehmend Verwendung in einer Vielzahl von Anwendungsgebieten, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt, aber auch im Automobilbau sind sie aufgrund ihrer geringen Abmessungen und ihrer 15 hohen Leistungsdichte vorteilhaft.

Piezoelektrische Vielschichtaktuatoren bestehen aus einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten, zwischen denen jeweils wechselseitig an Oberflächenkontakt- 20 bereichen aus dem Stapel herausgeführte und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode elektrisch parallel geschaltete Innenelektroden vorgesehen sind. Beim Anlegen einer Spannung an die Elektroden erfahren die piezoelektrischen Keramikschichten aufgrund einer durch das elektrische Feld in ihrem Inneren hervorgerufenen Gitterverzerrung eine Längenausdehnung in Richtung des elektrischen Feldes, welche in einer Betätigungseinrichtung nutzbar gemacht werden kann. Die elektrische Parallelschaltung der einzelnen Piezoelemente dient dazu, die von außen an- 30 zulegende Spannung möglichst gering zu halten, die zum Hervorrufen der die gewünschte Gitterverzerrung bewirkenden elektrischen Feldstärke erforderlich ist.

Ein Problem bei piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren der beschriebenen Art liegt darin, daß die seitlich am Piezo- 35 elementstapel vorgesehene Außenelektrode der bei elektrischer Erregung des piezoelektrischen Vielschichtaktuators vom Piezoelementstapel vollzogenen Längenausdehnung unterliegt und dadurch oder durch im Randbereich der Keramikschichten auftretende Risse beschädigt oder unterbro- 40 chen werden kann. Zur Überwindung dieses Problems wird in der DE 196 46 676 C1 bei einen piezoelektrischen Vielschichtaktuator eine Kontaktierung der einzelnen piezoelektrischen Keramikschichten vorgeschlagen, bei der seitlich an dem Piezoelementstapel ein die Oberflächenkontaktbereiche der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden kontaktierender Metallisierungsstreifen vorgesehen ist, auf welchen elektrisch leitfähige Kontaktfahnen aufgebracht sind, die sich soweit vom Piezoelementstapel weg erstrekken, daß ein überstehender Bereich selbst beim Auftreten 50 von Rissen unversehrt bleibt und die Risse elektrisch überbrückt. Weiterhin ist aus der DE 196 48 545 A1 ein piezoelektrischer Vielschichtaktuator bekannt, bei dem ebenfalls seitlich am Piezoelementstapel eine die Oberflächenkontaktbereiche der aus dem Stapel herausgeführten Innenelek- 55 troden kontaktierende Metallisierungsschicht vorgesehen ist, welche zur Überbrückung von auftretenden Rissen durch eine dreidimensional strukturierte, elektrisch leitende Elektrode überbrückt wird, die über partielle Kontaktstellen mit der Metallisierungsschicht verbunden und zwischen den 60 Kontaktstellen dehnbar ausgebildet ist. Die dreidimensional ausgebildete Elektrode ist durch eine strukturierte Metallfolie, ein Drahtgewirk oder einen offenporigen Metallschaum gebildet.

Die Aufgabe der Erfindung ist es einen piezoelektrischen 65 Vielschichtaktuator der eingangs geschilderten Art so auszubilden, daß mit geringem Aufwand eine zuverlässige Kontaktierung der Innenelektroden auch im Falle eines Auf-

tretens von Rissen gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird durch den im Anspruch 1 angegebenen piezoelektrischen Vielschichtaktuator gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators sind in den Unteransprüchen angegeben.

Schließlich wird ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators angegeben.

Durch die Erfindung wird ein piezoelektrischer Vielschichtaktuator mit einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten und zwischen den Keramikschichten angeordneten und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen aus dem Stapel herausgeführten und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode elektrisch parallel geschalteten Innenelektroden geschaffen. Erfindungsgemäß ist zwischen den Oberflächenkontaktbereichen der Innenelektroden und der Außenelektrode eine elektrisch leitende Pulverschicht angeordnet.

Durch die Pulverschicht werden mögliche Risse an der Oberfläche des Piezoelementstapels überbrückt, welche den Stromfluß zwischen den Oberflächenkontaktbereichen der Innenelektroden und der Außenelektrode unterbrechen könnten. Ein wesentlicher Vorteil ist eine Erhöhung von Zuverlässigkeit und Lebensdauer des piezoelektrischen Vielschichtaktuators und eine Einsparung von Herstellungsschritten und Kosten.

Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform des piezoelektrischen Vielschichtaktuators der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch die Randbereiche der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht direkt auf der Oberfläche des Piezoelementstapels in Kontakt mit den Randbereichen der Innenelektroden vorgesehen ist. Somit werden die als Oberflächenkontaktbereiche fungierenden Randbereiche der Innenelektroden an der Stapeloberfläche direkt von der Pulverschicht kontaktiert. Dies hat vorteilhafterweise einen geringen Herstellungsaufwand und eine hohe Unempfindlichkeit gegenüber Rißbildung zur Folge.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Vielschichtaktuators ist es vorgesehen, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch eine auf der Außenseite des Piezoelementstapels in Kontakt mit den Randbereichen der Innenelektroden befindliche Zwischenelektrode gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht auf der Oberfläche der Zwischenelektrode vorgesehen ist. Der Vorteil hiervon ist es, daß durch die Zwischenelektrode eine Vergrößerung der von der elektrisch leitenden Pulverschicht kontaktierten Oberflächenkontaktbereiche stattfindet, was eine höhere Strombelastbarkeit zur Folge hat.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Vielschichtaktuators ist es vorgesehen, daß die Außenelektrode an der dem Piezoelementstapel zugewandten Seite eines an dessen Außenseite vorgesehenen Formteils angeordnet ist, wobei die Außenelektrode die elektrisch leitende Pulverschicht unter einem vorgegebenen Anpreßdruck kontaktiert. Somit ist die elektrisch leitende Pulverschicht unter gleichzeitiger Kontaktierung der Oberflächenkontaktbereiche einerseits und der Außenelektrode andererseits zwischen der Oberfläche des Piezoelementstapels und dem Formteil dauerhaft und zuverlässig eingeschlossen.

Vorzugsweise ist das Formteil aus einem elektrisch isolierenden Material hergestellt, und mit der Außenelektrode ist ein an dem Formteil vorgesehener elektrisch leitender Außenkontakt für den elektrischen Anschluß des piezoelektrischen Vielschichtaktuators verbunden. Das Formteil dient

somit gleichzeitig als Träger für die Außenelektrode, als äußere Begrenzung für die elektrisch leitende Pulverschicht und als Träger für den elektrisch leitenden Außenkontakt zum Anschluß des Vielschichtaktuators.

Vorzugsweise ist die elektrisch leitende Pulverschicht aus einem Pulver mit einer Korngröße im µm-Bereich hergestellt.

Gemäß einem besonders vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators gemäß der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, daß die elektrisch leitende Pulverschicht in Form eines Schlickers mittels Siebdruck auf die zu kontaktierende Seite des Piezoelementstapels aufgebracht wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators an- 15 hand der Zeichnung erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei aus Gründen der Veranschaulichung der Piezoelementstapel des Vielschichtaktuators und ein die Außenelektrode tragendes Formteil voneinander getrennt dargestellt sind; und

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei wiederum der Piezoelementstapel des Vielschichtaktuators, eine Zwischenelektrode zur Kontaktierung der Oberflächenbereiche der Innenelektroden und ein Formteil, welches die Außenelektrode trägt, voneinander getrennt dargestellt sind.

Bei den beiden in den Fig. 1 und 2 perspektivisch dargestellten Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators bedeutet Bezugszeichen 10 einen Piezoelementstapel, der durch eine Vielzahl von übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten 8 gebildet ist. Zwischen den Keramikschichten 8 sind Innenelektroden 3 angeordnet, die jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen 9 aus dem Stapel herausgeführt und mittels einer seitlich an dem Piezoelementstapel 10 vorgesehenen Außenelektrode 4 elektrisch parallel 40 geschaltet sind. Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, ist jeweils jede zweite Innenelektrode 3 nach der rechten, in der Figur sichtbaren Seite des Piezoelementstapels 8 herausgeführt, während die jeweils dazwischenliegenden Innenelektroden 3 nach der anderen, in der Figur nicht sichtbaren linken Seite 45 ist. des Piezoelementstapels herausgeführt sind. An der Oberseite und der Unterseite des Piezoelementstapels 10 befindet sich jeweils eine Endschutzkappe 1, die zur mechanischen Stabilisierung des Piezoelementstapels 10 und zur Verteilung der bei der Erregung desselben erzeugten Kraft dient. 50

Im betriebsbereiten Zustand des Piezoelementstapels 10 ist an dessen Außenseite ein Formteil 5 angeordnet, welches in Fig. 1 zum Zwecke der besseren Übersichtlichkeit jedoch getrennt dargestellt ist. Das Formteil 5 ist vorzugsweise an den Endschutzkappen 1 des Piezoelementstapels 10 befestigt. An der dem Piezoelementstapel 10 zugewandten Seite des Formteils 5 ist eine Außenelektrode 4 angeordnet, welche mit einem elektrisch leitenden Außenkontakt 6 verbunden ist, der dem elektrischen Anschluß des Vielschichtaktuators 10 dient. Das Formteil 5 selbst ist aus einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise Kunststoff oder Keramik hergestellt.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators sind die Oberflächenbereiche der Innenelektroden 653 durch die Randbereiche 9 derselben gebildet, wie sie aus dem Stapel herausgeführt sind. Zwischen den Oberflächenkontaktbereichen in Form der Randbereiche 9 der Innen-

4

elektroden 3 und der Außenelektrode 4 ist eine elektrisch leitende Pulverschicht 2 vorgesehen, welche direkt auf der Oberfläche des Piezoelementstapels 10 in Kontakt mit den Randbereichen 9 der in den Elektroden 3 steht. Diese elektrisch leitende Pulverschicht 2 wird von der an dem Formteil 5 angebrachten Außenelektrode 4 unter einem vorgegebenen Anpreßdruck kontaktiert, so daß die elektrisch leitende Pulverschicht 2 eine elektrische Verbindung zwischen den Oberflächenkontaktbereichen 9 der Innenelektroden 3 und der Außenelektrode 4 herstellt.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators sind die Oberflächenkontaktbereiche der Innenelektroden 3 durch eine Zwischenelektrode 7 gebildet, die sich auf der Außenseite des Piezoelementstapels 10 befindet und mit den Randbereichen 9 der Innenelektroden 3 in Verbindung steht. Die elektrisch leitende Pulverschicht 2 ist auf dieser Zwischenelektrode 7 vorgesehen und befindet sich damit zwischen der an dem Formteil 5 befindlichen Außenelektrode 4 und der Zwischenelektrode 7, wobei sie wiederum durch die Außenelektrode 4 unter einem vorgegebenen Anpreßdruck kontaktiert wird und damit eine elektrische Verbindung zwischen der Außenelektrode 4 einerseits und der Zwischenelektrode 7 und den Innenelektroden 3 andererseits herstellt.

Die elektrisch leitende Pulverschicht 2 ist aus einem Pulver mit einer Korngröße im mm-Bereich hergestellt und besteht aus einem geeigneten elektrisch leitenden Material.

Gemäß einem bevorzugten Herstellungsverfahren wird die elektrisch leitende Pulverschicht 2 in Form eines Schlikkers mittels Siebdruck auf die zu kontaktierende Seite des Piezoelementstapels 10, also bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel direkt auf die Außenseite des Piezoelementstapels 10 in Kontakt mit den Randbereichen 9 der Innenelektroden 3 bzw. bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel auf die Zwischenelektrode 7 aufgebracht. Es können jedoch auch andere geeignete Verfahren verwendet werden, um die elektrisch leitende Pulverschicht 2 aufzubringen.

Die Befestigung des die Außenelektrode 4 tragenden Formteils 5 an dem Piezoelementstapel 10 bzw. an dessen Endschutzkappen 1 erfolgt in einer Weise, daß ein Ausgleich der Längenänderung des Piezoelementstapels 10 bei dessen Erregung gegenüber dem Formteil 5 gewährleistet ist

Bezugszeichenliste

- 1 Endschutzkappe
- 2 elektrisch leitende Pulverschicht
- 3 Innenelektroden
- 4 Außenelektrode
- 5 Formteil
- 6 Außenkontakt
- 7 Zwischenelektrode
- 8 piezoelektrische Keramikschicht
- 9 Randbereiche
- 10 Piezoelementstapel

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator mit einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels (10) übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten (8) und zwischen den Keramikschichten (8) angeordneten und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen (9) aus dem Stapel herausgeführten und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehe-

nen Außenelektrode (4) elektrisch parallel geschalteten Innenelektroden (3), dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Oberflächenkontaktbereichen (7; 9) der Innenelektroden (3) und der Außenelektrode (4) eine elektrisch leitende Pulverschicht (2) vorgesehen ist.

2. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch die Randbereiche (9) der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden (3)

aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden (3) gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) direkt auf der Oberfläche des Piezoelementstapels (10) in Kontakt mit den Randbereichen (9) der Innenelektroden (3) vorgesehen ist.

3. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch eine auf der Außenseite des Piezoelementstapels (10) in Kontakt mit den Randbereichen (9) der Innenelektroden (3) befindliche Zwischenelektrode (7) gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) auf der Oberfläche der Zwischenelektrode (7) vorgesehen ist.

4. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 1, 2, oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenelektrode (4) an der dem Piezoelementstapel (10) zugewandten Seite eines an dessen Außenseite vorgesehenen Formteils (5) angeordnet ist, wobei die Außenelektrode (4) die elektrisch leitende Pulverschicht (2) unter einem vorgegebenen Anpressdruck

kontaktiert.

5. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Formteil (5) aus einem elektrisch isolierenden Material besteht, und daß mit der Außenelektrode (4) ein an dem Formteil (5) vorgesehener elektrisch leitender Außenkontakt für den elektrischen Anschluß des piezoelektrischen Vielsschichtaktuators verbunden ist.

6. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) aus einem Pulver mit einer Korngröße im µm-Bereich besteht.

7. Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) in Form eines Schlickers mittels Siebdruck auf die zu kontaktierende Seite des Piezoelementstapels (10) aufgebracht wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

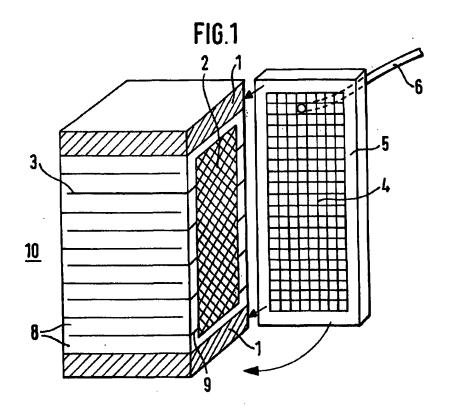
60

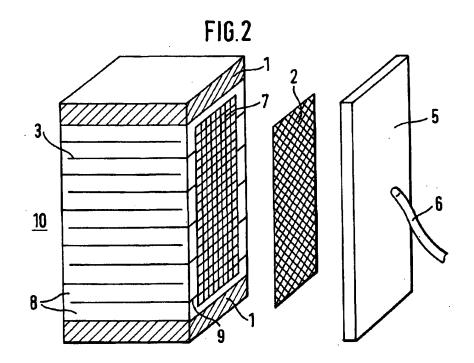
65

- Leerseite -

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

Nummer: Int. Cl.⁷: Veröffentlichungstag: DE 100 17 331 C1 H 01 L 41/083 7. Juni 2001





102 123/99

CLIPPEDIMAGE= JP02001210886A

PAT-NO: JP02001210886A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001210886 A

TITLE: STACKED TYPE PIEZOELECTRIC ACTUATOR

PUBN-DATE: August 3, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

COUNTRY NAME N/A ASHIDA, KOKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

COUNTRY NAME N/A KYOCERA CORP

APPL-NO: JP2000024705 APPL-DATE: January 28, 2000

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H02N002/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stacked type piezoelectric actuator, which

can ensure full connection between an inner electrode and an outer electrode.

even during continuous operation in a high applied field at a fast speed for a

long period.

SOLUTION: A recessed groove 7, where the end part of a plurality of

electrodes 3a, 3b is exposed each, is formed in the side surface of an actuator

body 1 where a first outer electrode 6a is formed. A recessed groove 7. where

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

an end part of the first inner electrode 3a is exposed, is filled with a conductor 9 and a recessed groove 7, where an end part of the second inner

electrode 3b is exposed is filled with an insulator 11. A recessed groove 7,

where an end part of a plurality of inner electrodes 3a, 3b is exposed each, is

formed in the side surface of the actuator body 1, where a second outer

electrode 6b is formed, and a recessed groove 7 wherein an end part of the

first inner electrode 3a is exposed is filled with the insulator 11 and the

recessed groove 7 with the end part of the second inner electrode 3b being

exposed is filled with the conductor 9.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出顧公開番号 特開2001-210886 (P2001-210886A)

(43)公開日 平成13年8月3日(2001.8.3)

(51) Int.Cl.7

識別記号

FΙ

テーマコード(参考)

H01L 41/083 H02N 2/00 H 0 2 N 2/00

В

H01L 41/08

s

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 8 頁)

(21)出願番号

特膜2000-24705(P2000-24705)

(22)出顧日

平成12年1月28日(2000.1.28)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72)発明者 芦田 幸喜

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株

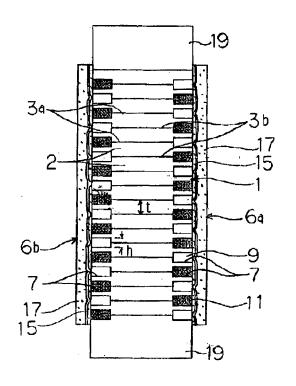
式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57)【要約】

【課題】高い印加電界で高速で長期間連続作動する場合でも、内部電極と外部電極との接続を十分に確保できる 積層型圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】第1外部電極6 aが形成されるアクチュエータ本体1の側面に、複数の内部電極3 a、3 bの端部がそれぞれ露出する凹溝7を形成し、第1内部電極3 a の端部が露出した凹溝7に導電体9を、第2内部電極3 bの端部が露出した凹溝7に絶縁体11を充填するとともに、第2外部電極6 bが形成されるアクチュエータ本体1の側面に、複数の内部電極3 a、3 bの端部がそれぞれ露出する凹溝7を形成し、第1内部電極3 aの端部が露出した凹溝7に絶縁体11を、第2内部電極3 bの端部が露出した凹溝7に導電体9を充填した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に 稽層してなり、前記内部電極が交互に第1内部電極また は第2内部電極とされたアクチュエータ本体と、該アク チュエータ本体の異なる側面にそれぞれ設けられ、前記 第1内部電極同士をそれぞれ電気的に接続する第1外部 電極、および前記第2内部電極同士をそれぞれ電気的に 接続する第2外部電極とを具備する積層型圧電アクチュ エータであって、前記第1外部電極が形成される前記ア クチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部 10 がそれぞれ露出する凹溝を形成し、前記第1内部電極の 端部が露出した凹溝に導電体を、前記第2内部電極の端 部が露出した凹溝に絶縁体を充填するとともに、前記第 2外部電極が形成される前記アクチュエータ本体の側面 に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する凹溝 を形成し、前記第1内部電極の端部が露出した凹溝に絶 縁体を、前記第2内部電極の端部が露出した凹溝に導電 体を充填したことを特徴とする積層型圧電アクチュエー

【請求項2】外部電極を構成する金属薄板が凹溝内の導 20 電体に当接した状態で固着されていることを特徴とする 請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体に凹部が形成されており、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の凹部内に充填されていることを特徴とする請求項1または2記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体が外方へ30向かって突出しており、該導電体の突出部に前記金属薄板が当接した状態で固着され、かつ、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の突出部周囲に充填されていることを特徴とする請求項1または2記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項5】金属薄板が、NiおよびFeを含有する合金からなることを特徴とする請求項2乃至4のうちいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項6】金属薄板が、金属メッシュまたは波板形状 の金属薄板からなることを特徴とする請求項2乃至5の 40 うちいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータに係わり、例えば、自動車用燃料噴射弁、光学装置等の精密位置決め装置や振動防止用の駆動素子等に使用される積層型圧電アクチュエータに関するものである。

[0002]

【従来技術】従来、電歪効果を利用して大きな変位量を 50

得るために、圧電体と内部電極を交互に積層した積層型 圧電アクチュエータが提案されている。積層型圧電アク チュエータには、同時焼成タイプと圧電磁器と内部電極 板を交互に積層した単板積層タイプの2種類に分類され ており、低電圧化、製造コスト低減の面から考慮する と、同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータが薄層 化に対して有利であるために、その優位性を示しつつあ る。

【0003】同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータとして、例えば、特公平6-66484号公報に記載されているように、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、この絶縁層と絶縁層の間に絶縁層が形成されていない内部電極の端部を導電性ガラス膜で被覆し、電気的に接続した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0004】しかしながら、特公平6-66484号公報に開示された積層型圧電アクチュエータでは、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部には一層おきにガラスからなる絶縁層が被覆され、内部電極とその両側の圧電体が強固に接合されており、外部電極と内部電極との絶縁性が確保されているが、長期間連続駆動させた場合、導電性ガラス膜に割れが生じ、この割れを介して内部電極と外部電極との間で剥離が生じ、一部の圧電体に電圧が供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0005】また、この様なアクチュエータにおいては、外部電極にリード線を半田付けにより形成することから、外部電極に使用している導電性ガラス膜が半田食われを生じ、導通の信頼性を著しく低下させる問題があった。

【0006】このような問題に対し、特開昭63-153870号公報では、外部電極と内部電極の剥離を防止するためと、リード線、外部電極、内部電極間の導通の信頼性を向上させるため、積層アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、絶縁層と同じピッチで、かつ絶縁層の断面よりやや大きい凹部を形成し、この凹部内に絶縁層を収容するようにして、かつ、凹部間の凸部に、絶縁層が形成されていない内部電極の端部を、導電性接着剤で接着した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0007】また、特開平10-229227号公報においては、積層圧電体の側面に基礎金属被膜を被覆し、該基礎金属被膜と部分的な接触箇所を介して、三次元構造化された導電性の電極が結合され、前記三次元構造化された導電性電極が、接触箇所において伸長可能な状態で形成された積層型圧電アクチュエータが開示されている。

[8000] (0

【発明が溶決しようとする課題】近年においては、小型の圧電アクチュエータで大きな圧力下において大きな変位量を確保するため、より高い電界を印加し、長期間連続駆動させることが行われているが、高電界、高圧力下で長期間連続駆動させた場合には、特開昭63-153870号公報に開示された積層型圧電アクチュエータにおいては、圧電体間に形成された内部電極と正極、負極用の外部電極との間で剥離が発生し、一部の圧電体に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0009】また、特開平10-229227号公報に開示されたアクチュエータであっても、基礎金属被膜と圧電体の間の界面において剥離が生じ、その剥離が進行することにより、内部電極と外部電極の導通不良を生じ、一部の圧電体に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0010】本発明は、高い印加電界で高速で長期間連続作動する場合でも、内部電極と外部電極との接続を十分に確保でき、外部電極と内部電極の剥離の生じない信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することを 20目的とする。

[0011]

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アク チュエータは、複数の圧電体と複数の内部電極とを交互 に積層してなり、前記内部電極が交互に第1内部電極ま たは第2内部電極とされたアクチュエータ本体と、該ア クチュエータ本体の異なる側面にそれぞれ設けられ、前 記第1内部電極同士をそれぞれ電気的に接続する第1外 部電極、および前記第2内部電極同士をそれぞれ電気的 に接続する第2外部電極を具備する積層型圧電アクチュ 30 エータであって、前記第1外部電極が形成される前記ア クチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部 がそれぞれ露出する複数の凹溝を形成し、前記第1内部 電極の端部が露出した凹溝に導電体を、前記第2内部電 極の端部が露出した凹溝に絶縁体を充填するとともに、 前記第2外部電極が形成される前記アクチュエータ本体 の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出す る複数の凹溝を形成し、前記第1内部電極の端部が露出 した凹溝に絶縁体を、前記第2内部電極の端部が露出し た凹溝に導電体を充填したものである。

【0012】このような積層型圧電アクチュエータでは、内部電極と外部電極が、アクチュエータ本体内に埋設された、内部電極の厚みよりも幅広の導電体を介して接続されるため、内部電極と外部電極の剥離を抑制することができる。これにより、高い印加電界で高速で長期連続駆動させる場合においても、外部電極と内部電極が剥離や断線することなく高い耐久性を備えた信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。【0013】また、外部電極を構成する金属薄板が凹溝

しい。このように、アクチュエータ本体の側面に形成した凹溝内の導電体と、金属薄板を溶接、ろう付けなどによって強固に接合することにより、内部電極と外部電極の接合強度を向上できる。

【0014】さらに、金属薄板を導電性接着剤により被 覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体 に凹部が形成されており、前記金属薄板を被覆した導電 性接着剤が、前記導電体の凹部内に充填されていること が望ましい。これは、金属薄板を被覆する導電性接着剤 が凹溝内の導電体の凹部に充填されることにより、導電 性接着剤にアンカー効果が生じ、平面上で接着される場 合よりも更に導電性接着剤の固着力が増加し、これによ り、内部電極と外部電極の剥離をさらに抑制できる。

【0015】また、金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体が外方へ向かって突出しており、該導電体の突出部に金属薄板が当接した状態で固着され、かつ、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の突出部周囲に充填されていることが望ましい。このようにすることにより、導電性接着剤にアンカー効果が生じ、平面上で接着される場合よりも更に導電性接着剤の固着力が増加し、これにより、内部電極と外部電極の剥離をさらに抑制できる。

【0016】さらに、金属薄板が、NiおよびFeを含有する合金からなることが望ましい。このような金属薄板を用いることにより、圧電アクチュエータの伸縮により外部電極に応力が作用した場合においても、発生した応力に対して金属薄板が十分な強度を有するため、金属薄板の断裂を抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0017】また、金属薄板が、金属メッシュまたは波板形状の金属薄板からなることが望ましい。圧電アクチュエータの伸縮により外部電極に応力が作用した場合においても、発生した応力を金属メッシュまたは波板形状の金属薄板の変形により緩和でき、外部電極の断裂を抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

[0018]

【発明の実施の形態】図1は本発明の積層型圧電アクチュエータの断面図であり、図2は図1の一部を拡大して示す断面図である。図1および図2において、符号1は、複数の圧電体2と複数の内部電極3a、3bとを交互に積層してなる四角柱状のアクチュエータ本体を示すもので、このアクチュエータ本体1の対向する2つの側面には、第1内部電極3aが電気的に接続される第1外部電極6a、および第2内部電極3bが電気的に接続される第2外部電極6bが形成されている。

い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。 【0019】圧電体2は、例えば、チタン酸ジルコン酸 【0013】また、外部電極を構成する金属薄板が凹溝 鉛Pb(Zr, Ti)O3(以下PZTと略す)或い 内の導電体に当接した状態で固着されていることが望ま 50 は、チタン酸バリウムBaTiO3 を主成分とする圧電 セラミック材料などが使用されるが、これらに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何れでも良い。この圧電体材料としては、圧電歪み定数dssが高いものが望ましい。また、圧電体2の厚み t、つまり内部電極3間の距離は、小型化および高い電界を印加するという点から0.05~0.2 mmであることが望ましい。

【0020】内部電極3a、3bは、アクチュエータ本体1の4つの側面全てに端部が露出しており、アクチュエータ本体1の第1外部電極6aが形成された側面には、全ての内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する複数の凹溝7が形成され、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7には絶縁体11が充填されている。【0021】また、アクチュエータ本体1の第2外部電極6bが形成された側面には、全ての内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する複数の凹溝7が形成され、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7には絶縁体11が、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7には導電体9が充填されている。

【0022】凹溝7の積層方向の高されは圧電体2の厚みもの約1/5~1/3とされている。これは、凹溝7の積層方向の高されが圧電体2の厚みもの1/3よりも大きい場合には、凹溝7の高されが圧電体2の厚みもの1/2では溝として成立しなくなり、また、1/2以下でも凹溝7が削除された残りの圧電体2の厚みが薄くなり、強度が保てなくなり、加工時のハンドリングにおいて破損してしまう危険があるからである。また、凹溝7の高されが圧電体2の厚みもの1/5よりも小さい場合には、凹溝7の高されが極端に小さくなり、加工が困難2の高されが極端に小さくなり、加工が困難2のまである。凹溝7の形状は断面が四角形状とされているが、断面が円形状であっても良い。

【0023】導電体9は、例えば、Agを主体とする合金、Cuを主体とする合金等の導体金属材料からなり、 凹溝7の形成後、スクリーン印刷やディッピング等により凹溝7内に充填し、約600℃~900℃で焼成することにより得られる。

【0024】また、絶縁体11は、例えば、ガラス、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、シリコーンゴム等の絶縁性材料からなり、凹溝7内に絶縁性材料を充填し、硬化することにより得られる。尚、絶縁体11は低ヤング率の材質、例えばシリコーンゴム等が好ましい。これは、高ヤング率の材質を充填すると圧電アクチュエータとして駆動した場合の伸長により絶縁体11と圧電体2の界面で剥離を生じ、絶縁性がとれなくなったり、破壊に至ったり、もしくは、圧電体2に 亀裂が生じ、破壊に至る虞があるからである。

【0025】ここで、凹溝7内に充填される導電体9と 絶縁体11の形成の順序は、一体焼成して得られたアク チュエータ本体1に凹溝7を形成し、この凹溝7内に一つ置きに導電体9を充填し、焼成した後に、残りの凹溝7内に絶縁体11を充填することが望ましい。

【0026】外部電極6a、6bは、金属薄板15と導電性接着剤17とから構成されており、金属薄板15は、導電性接着剤17中に埋設して形成され、金属薄板15は、凹溝7内の導電体9に当接した状態で、ロウ付けしたり、溶接することにより固着され、これにより、外部電極6a、6bがアクチュエータ本体1に接合されている。金属薄板15が導電体9に当接する部分の面積は広い方、即ち、平坦であることが、確実に固着するという点から望ましい。また、外部電極6a、6bは、導電性接着剤17によってもアクチュエータ本体1に接合されている。

【0027】金属導板15は、導電性があり、加工可能であればいずれの金属でもかまわないが、好ましくは、ステンレス(NiおよびFeを含有する合金)、Ni-Fe合金、Ni-Fe-Co合金等の高ヤング率を有する金属により形成されることが望ましい。これは、NiおよびFeを主体とする高ヤング率を有する合金を用いることにより、圧電アクチュエータの伸縮によって外部電極6a、6bに応力が作用した場合においても、発生した応力に対し十分な強度を保つため、金属薄板15の断裂を抑制が可能となるためである。

【0028】導電性接着剤17としては、ニッケル、 銀、白金、金などの周期律表第6~9族の比較的体積固 有抵抗が小さい導電剤を含有するポリイミド樹脂、導電 性シリコーンゴム等があるが、これに限定されるもので はない。

【0029】また、アクチュエータ本体1の積層方向の 両端面には、アクチュエータ本体1を機械的に保持し、 発生するパワーを外部へ伝達するための不活性部19が 積層され、接合されている。さらに、図示されてはいな いが、外部電極6a、6bの外側を含むアクチュエータ 本体1の側面全体がシリコーンゴム等の絶縁被覆材によ って被覆され、これにより、外部からの水分の進入を防 ぐことができ、内部電極及び外部電極間のエレクトロマ イグレーションの発生を抑制し、電極接続の信頼性を確 保できる。

【0030】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータは、以下のプロセスにより製造される。先ず、チタン酸ジルコン酸鉛Pb(Zr, Ti)O®などの圧電体セラミックスの仮焼粉末と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャステイング法により、厚み100~200μmのセラミックグリーンシートを作製する。

【0031】このグリーンシートの片面に、内部電極3 a、3bとなる銀ーパラジウムを主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷法により1~10μmの厚みに 50 印刷する。この導電性ペーストを乾燥させた後、導電性 ペーストが塗布された複数のグリーンシートを所定の枚数だけ積層し、この積層体の積層方向の両端部に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層する。

【0032】次に、この積層体を50~200℃で加熱しながら加圧し、積層体を一体化する。一体化された積層体は所定の大きさに切断された後、400~800℃で5~40時間、脱バインダが行われ、900~1200℃で2~5時間焼成し、両端面に不活性部19を有するアクチュエータ本体1を得る。このアクチュエータ本10体1の側面には、内部電極3a、3bの端部が露出している。

【0033】この後、アクチュエータ本体1を固定治具 にセットし、所定の形状になるまで平面研削盤等を用い てアクチュエータ本体1の側面の加工を行う。

【0034】その後、アクチュエータ本体1の2つの対向する側面において、内部電極3a、3b端部が露出した部分を、深さ100~500μm、積層方向の高さhが20~50μmの凹溝7を形成し、該凹溝7内に一つ置きにAg-Pd等の導体性ペーストを充填した後、6 200~900℃で2~5時間焼成することにより導電体9を充填する。

【0035】そして、導電体9間の開口している凹溝7内にシリコーンゴム等の絶縁体11を充填する。この後、金属薄板15をアクチュエータ本体1に当接した状態で、例えば、導電体9にスポット溶接、超音波溶接等の溶接手法、あるいは、ろう付け等の手法により固着し、この後、アクチュエータ本体1の側面および金属薄板15の表面に導電性接着剤17を塗布し、外部電極6a、6bが形成される。特に、導電性接着剤17を塗布し、真空引きすることにより、金属薄板15とアクチュエータ本体1との間に確実に充填することができる。

【0036】外部電極6a、6bの導電性接着剤17としてポリイミドを用いた場合について説明する。先ず、導電性接着剤17として用いるポリイミド樹脂は、濃硫酸以外には溶解しない難溶解性の樹脂であるため、ポリイミドの前駆体であるポリアッミク酸を適当な溶媒、例えば、N-メチル-2-ピロリドン(NMP)やテトラヒドロフラン(THF)などに溶解させ、ワニス状にする。このワニスに望みとする体積分率で導電剤を混合、混練し、ペースト状にする。

【0037】なお、混練の際には、3本ローラーミル等の混練機を用いるのが望ましい。また、導電性接着剤17中に含有する導電剤としては、特にニッケル、銀、白金、金などの周期律表第6~9族の比較的体積固有抵抗が低い金属粉末を用いることが望ましい。

【0038】上記のようにして作製した導電性接着剤17のベーストを、導電体9と接続された金属薄板15の露出面、および外部電極6a、6bを形成するようにアクチュエータ本体1の所定の位置に塗布し、室温~40

O℃の空気中または窒素雰囲気中で溶媒を蒸発させるとともに、硬化反応を起こさせることにより、外部電極6a、6bを形成することができる。

【0039】この後、図示しないが、正極用および負極用の外部電極6a、6bにリード線を接続し、圧電アクチュエータの周囲にデイッピング等の方法により、シリコーンゴム等の被覆材を被覆する。さらに、正極、負極用の外部電極6a、6bに約1~3kV/mmの分極電界を印加し、圧電板2への分極処理を行い、本発明の積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0040】尚、本発明の積層型圧電アクチュエータは、四角柱、六角柱、円柱等、どのような柱体であっても構わないが、切断の容易性から四角柱状が望ましい。 【0041】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータでは、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bが、アクチュエータ本体1内に埋設された、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bがあため、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bの剥離を抑制することができ、これにより、高い印加電界で高速で長期連続駆動させる場合においても、外部電極6a、6bと内部電極3a、3bが剥離や断線することなく高い耐久性を備えた信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0042】図3は、本発明の他の積層型圧電アクチュエータを示すもので、図3の積層型圧電アクチュエータでは、凹溝7内の導電体9に凹部21が形成されており、金属薄板15を被覆した導電性接着剤17が、導電体9の凹部21内に充填されている。図4は、図3の導電性接着剤17を除去した状態の側面図を示すもので、凹溝7および導電体9の凹部21は金属薄板15の幅よりも少々広く形成され、導電性接着剤17は凹溝7全体を覆うように形成されている。

【0043】この導電体9に形成される凹部21は、上記と同様のアクチュエータ本体1を得た後、アクチュエータ本体1の凹溝7内に導電体9を充填し、アクチュエータ本体1の凹溝7を形成する場合と同じピッチにおいて導電体9に深さ50~150μm、積層方向の高さ10~30μmの凹部21を形成する。その後、上記と同様にして、金属薄板15をアクチュエータ本体1に当接した状態で導電体9に固着し、導電体9表面を含むアクチュエータ本体1の側面、および金属薄板15の表面に導電性接着剤17を凹部21内に充填する。特に、真空引きすると導電性接着剤17を凹部21内に確実に充填できる。

【0044】このような積層型圧電アクチュエータでは、金属薄板15を被覆する導電性接着剤17が導電体9の凹部21内に充填されることにより、導電性接着剤17にアンカー効果が生じ、図1に示したように、アクチュエータ本体1の平面上で接着する場合よりも更に導電性接着剤17の固着力が増加し、これにより、内部電

極3a、3bと外部電極6a、6bの剥離をさらに抑制できる。

【0045】図5は、本発明のさらに他の積層型圧電アクチュエータを示すもので、図5の積層型圧電アクチュエータでは、凹溝7内の導電体9が外方へ向かって突出しており、この導電体9の突出部31に、外部電極6a、6bを構成する金属薄板15が当接した状態で固着されている。

【0046】この突出部31は、上記と同様のアクチュエータ本体1を得た後、凹溝7内に導電体9を充填し、乾燥した後、予めアクチュエータ本体1の凹溝7の導電体9が充填されている以外の部分にマスキングを行い、所定の突出部31が形成されるようなスクリーンパターンを用い、導電性ペーストを印刷、乾燥することにより、突出部31が形成される。その後、上記と同様にして、金属薄板15をアクチュエータ本体1に当接した状態で導電体9の突出部31に固着し、突出部31の周囲を含むアクチュエータ本体1の側面、および金属薄板15の表面に導電性接着削17を塗布し、積層型圧電アクチュエータを得る。

【0047】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータでも、金属薄板15とアクチュエータ本体1との間であって、突出部31の周囲に導電性接着剤17を充填することにより、外部電極6a、6bを構成する導電性接着剤17のアンカー効果により、アクチュエータ本体1の平面上で接着する場合よりも更に導電性接着剤17の固着力が増加し、これにより、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bの剥離をさらに抑制できる。

【0048】図6および図7は、本発明のさらに他の積層型圧電アクチュエータを示すもので、図6の積層型圧 30電アクチュエータでは、金属薄板41が波板形状とされており、図7では、金属薄板45が金属メッシュにより形成されている。

【0049】このような積層型圧電アクチュエータでは、伸縮により外部電極6a、6bに応力が作用した場合においても、発生した応力を金属メッシュまたは波板形状の金属薄板41、45の変形により緩和でき、外部電極6a、6bの断裂を抑制できる。

[0050]

【実施例】PZTを主成分とする厚み200μmのグリーンシートにAg/Pdを主成分とする内部電極ペーストを厚み5μmで印刷形成した。内部電極ペーストが塗布されたグリーンシートを300枚積層し、この後、両面に内部電極ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層し、加熱接合して一体化した。

【0051】積層体を縦10mm×横10mm×高さ40mmに介るように切断し、最高温度700~800℃、20~30時間で脱バインダを行った。その後、最高温度900℃~1100℃で3~5時間焼成を行い、アクチュエータ本体を得た。

【0052】次に、得られたアクチュエータ本体を固定 治具にセットし、アクチュエータ本体の側面の平面研削 を行った。その後、図2に示した形状で、アクチュエー タ本体の側面の内部電極が露出している部分(圧電板及 び内部電極)をカット・ソーにより削除し、深さ方向に 500μm、積層方向の高さh50μmの凹溝7を形成 した。

1.0

【0053】この後、アクチュエータ本体1の凹溝7に Ag-Pd (97:3)ペーストをディスペンサーを用 10 いて注入し、充填を行った。そして、120℃で10分 間予備乾燥させた後、900℃、2時間の焼成を行い、 導電体9を形成した。

【0054】次に、導電体9の充填されていない凹溝7 内にシリコーンゴムを常温で塗布し、真空脱泡により充填した。その後、コバール箔からなる金属薄板15をアクチュエータ本体1の側面に配置し、導電体9の位置の金属薄板15を超音波溶接により接合した。

【0055】そして、銀ポリイミド樹脂からなる導電性接着剤17をアクチュエータ本体1の所定部分および金20 属薄板15表面に塗布し、220℃の乾燥炉にて硬化接着を行った。その後、リード線を金属薄板15に半田付けし、シリコーンゴムにて全体を被覆し、正極および負極の外部電極6a、6bに2.5kV/mmの直流電界を30分間印加して分極処理を行ない、積層型圧電アクチュエータを得た。

【0056】そして、積層圧電アクチュエータに応力2 0MPaを印加し、駆動電圧200Vにて変位量を確認 したところ、40μmの変位量が得られた。次に、応力 20MPaを印加し、0~200Vのパルス交番電界を 周波数60Hzにて印加し、連続駆動試験を行った。

【0057】その結果、本発明の積層型圧電アクチュエータでは、駆動サイクル1×10°回でも破損はなく、変位量も40μmを維持した。外観上でスパーク跡は確認できなかったため、断面観察を行ったところ、外部電極6a、6bと内部電極3a、3bの剥離は生じていないことを確認した。

【0058】比較として、凹溝内に絶縁体だけ充填して一方の内部電極と絶縁するとともに、アクチュエータ本体に他方の内部電極の端部を露出させ、これに金属薄板をAgポリイミドで埋設した外部電極を接続した積層型圧電アクチュエータを作製し、同様の評価を行った結果、初期の評価においては、上記のサンプル同様、40μmの変位量を示した。その後、連続駆動試験を行ったところ、駆動サイクル7×107回にて、外部電極がアクチュエータ本体から剥離し、内部電極から外部電極が剥離し、変位量が初期状態から大きく低下し、30μmとなった。

【0059】

【発明の効果】本発明の積層型圧電アクチュエータで 50 は、内部電極と外部電極が、アクチュエータ本体内に埋

設された、内部電極の厚みよりも幅広の導電体を介して 接続されるため、内部電極と外部電極の剥離を抑制する ことができる。これにより、高い印加電界で高速で長期 連続駆動させる場合においても、外部電極と内部電極が 剥離や断線することなく高い耐久性を備えた積層型圧電 アクチュエータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータを示す断面 図である。

【図2】図1の一部を拡大して示す断面図である。

【図3】本発明の他の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図4】図3の一部を拡大して示す側面図である。

【図5】本発明のさらに他の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図6】波板形状の金属薄板を用いた場合の断面図であ

る。

【図7】金属メッシュからなる金属薄板を用いた場合の 断面図である。

【符号の説明】

1・・・アクチュエータ本体

2・・・圧電体

3a、3b···内部電極

6a、6b···外部電極

7・・・凹溝

10 9 · · · 導電体

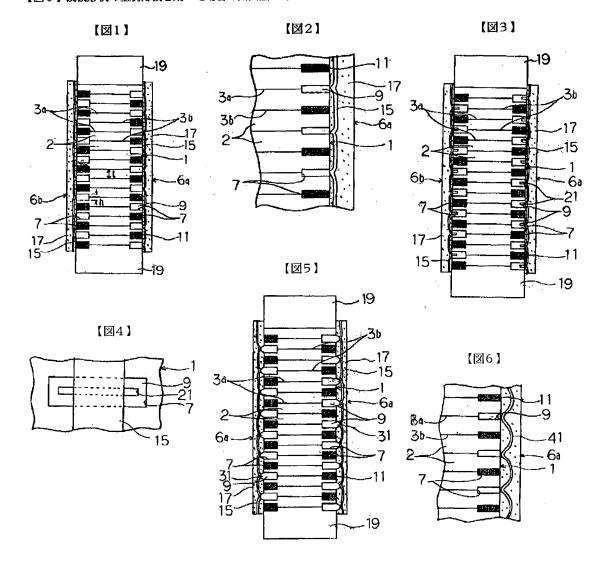
11・・・絶縁体

15、41、45・・金属薄板

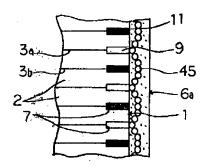
17・・導電性接着剤

21・・・ 導電体の凹部

31・・導電体の突出部



【図7】



CLIPPEDIMAGE= JP407226541A

PAT-NO: JP407226541A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07226541 A

TITLE: MULTILAYERED PIEZOELECTRIC ELEMENT

PUBN-DATE: August 22, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKAWA, YASUO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

BROTHER IND LTD

N/A

APPL-NO: JP06015083

APPL-DATE: February 9, 1994

INT-CL_(IPC): H01L041/083

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a multilayered piezoelectric element which can prevent the

failure like peeling, by surely connecting an outer electrode with inner electrodes every other layer, preventing imperfect conduction and imperfect

insulation, and intensely bonding the outer electrode to an element main body.

CONSTITUTION: On the side surface of a multilayered member wherein

piezoelectric material films 11 and inner electrodes 12 are alternately overlapped, conductive protruding parts 16 are formed every other layer, and an

insulating film 13 is formed so as to cover all the piezoelectric

material films 11 in the laminating direction of the element. A copper foil 15 having protrusions 15a is formed as an outer electrode on the insulating film 13. The

outer electrode is electrically connected with the inner electrodes by bringing

the protrusions 15a into contact with the conductive protruding parts 16.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-226541

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51) Int.Cl.⁸

觀別記号

庁内整理番号

FΙ

技術表示箇所

H01L 41/083

H01L 41/08

Q

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 6 頁)

(21)出顯番号

特顧平6-15083

(22)出顧日

平成6年(1994)2月9日

(71)出願人 000005267

ブラザー工業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号

(72)発明者 大川 康夫

名古屋市瑞穂区苗代町15番1号プラザーエ

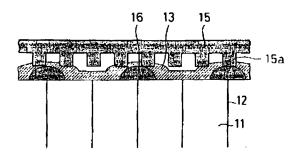
業株式会社内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子

(57)【要約】

【目的】 外部電極と内部電極を一層おきに確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極と素子本体とを強力に接着することにより、剥がれ等の不良を防止することができる積層型圧電素子を提供すること.

【構成】 圧電材料膜11と内部電極12とが交互に重なる積層体の側面において、一層おきに導電性凸部16を形成すると共に、素子の積層方向に全ての圧電材料膜11にかかるように絶縁膜13を形成する。さらに、その上に、突起15aを有した網箔15を外部電極として形成し、この外部電極は、突起15aと導電性凸部16との接触を介して内部電極12と電気的に接続される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電材料と内部電極とが交互に積層されている積層体の側面において、

一層おきの内部電極の端部に形成された導電性凸部と、 前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を 覆う**絶縁**膜と、

前記積層体と対向する面に高さが一様に等しい多数の突起を有し、前記絶縁膜の上面側から積層体に向けて圧縮されることにより、前記各突起が前記絶縁膜を突き破り、前記各導電性凸部に接触する前記突起を介して前記 10内部電極と電気的に接続される外部電極と、

を備えたことを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項2】 前記外部電極の各突起の幅を前記導電性 凸部の幅より狭く形成したことを特徴とする請求項1に 記載の積層型圧電素子。

【請求項3】 隣合う前記各導電性凸部同志の間に前記 突起が複数個存在するような間隔で、前記各突起を外部 電極に配列したことを特徴とする請求項1に記載の積層 型圧電素子。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【産業上の利用分野】本発明は、圧電材料の薄膜を多数 枚積層し、電圧を印加することにより縦方向の変位を得 る積層型圧電素子に関するものである。

[0002]

【従来の技術】従来、積層型の圧電素子を製造する場合、内部電極を一層おきに外部電極に接続する必要があるが、従来の積層コンデンサ方式を用いると内部電極面積が素子の断面積より小さいため、電界が全面に発生せず、変位を阻害するばかりでなく不均一な部分に応力集 30中が発生し、ついには破壊するという致命的な欠点がある。また、積層時の位置決めが難しく、多くても数十枚程度の積層枚数が限界であり、同じ印加電圧の場合、素子の変位量は積層枚数に比例するため、大きな変位量を発生する素子を製造することは困難であった。この欠点を解消するために圧電シートの全面に電極を印刷して積層する方法、即ち、内部電極の面積と素子の面積を等しくする構造が一般的になっている。そして、その一例として、図8及び図9に示すような方法が考えられている。

【0003】まず、図8(a)に示すように、内部電極72が印刷された膜状の圧電材料71を一層おきに内部電極72の端部が露出するように積層し、焼結して焼結体70を形成する。そして、内部電極72の端部が一層おきに露出している側面に仮の外部電極73,74を塗布し、その仮の外部電極73を陰極として電気メッキを行うと、図8(b)に示すように、電気メッキ法による導電性凸部75が一層おきに形成された状態となる。

【0004】以下、焼結体70の縦断面図で説明する。 記内 図9(a)に示すように、導電性凸部75及び内部電極 50 る。

2 7 2の端部に電着塗装法等により樹脂成分7 6を電着させ、1 5 0 ℃前後で焼き付けすると、図9(b)に示す

ように、絶縁層77が形成される。

【0005】一方、図9(c)に示すように、熱圧着が可能で、且つ加圧部分のみ一方向への導電性を持ち、導電性粒子80を含有した異方性導電膜78と、外部電極となる銅箔79とを貼り合わせたものを用意し、図9(d)に示すように、熱圧着すると、異方性導電膜78は導電性凸部75と対向した部分のみが他の部分より高い圧力で部分的に加圧されることになり、その結果、高い圧力で加圧された部分の導電性粒子80が絶縁層77を突き破り、導電性凸部75及び銅箔79と接触することになり、一層置きの内部電極72が銅箔79に電気的に接続される。

【0006】同様の方法で、反対側の側面で層をずらして一層おきの内部電極と銅箔とを接続した焼結体70は、リード線の取り付け、樹脂外装及び分極処理等の工程を経て完成品となる。

[0007]

20 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような積層型圧電素子では、絶縁層77を突き破り、外部電極79と内部電極75とを接続する媒体として導電性粒子80を用いているため、次のような問題が生じた

【0008】導電性粒子80の粒子の大きさには、ばらつきがあり、その分散状態も場所により異なっているので、加圧されても導電性粒子80が導電性凸部75まで届かず電気的に接続されない層ができたり、逆に、導電性凸部75のない、本来絶縁されるべき層が導通してしまうことあった。また、導電性粒子80の存在により銅箔79の接着力が弱くなり、素子の駆動中に剥がれてしまうことがあった。

【0009】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、外部電極を一層置きの内部電極に確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極と素子本体とを強力に接着することにより、剥がれ等の不良を防止することができる積層型圧電素子を提供することを目的としている。

[0010]

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の積層型圧電素子は、圧電材料と内部電極とが交互に積層されている積層体の側面において、一層おきの内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、前記積層体と対向する面に高さが一様に等しい多数の突起を有し、前記絶縁膜の上面側から積層体に向けて圧縮することにより、前記各突起が前記絶縁膜を突き破り、前記各導電性凸部に接触する前記突起を介して前記内部電極と電気的に接続される外部電極とを備えている。

【0011】また、前記外部電極の各突起の幅を前記導 電性凸部の幅より狭く形成することが望ましい。

【0012】さらに、隣合う前記各導電性凸部同志の間 に前記突起が複数個存在するような間隔で、前記各突起 を外部電極に配列することが望ましい。

[0013]

【作用】上記の構成を有する本発明の積層型圧電素子 は、前記絶縁膜を突き破り導電性凸部と接触する突起 が、外部電極と一体的に形成されており、しかも高さが 一様に等しく形成されているので、各導電性凸部に対し て、少なくとも一つの前記突起が確実に接触し、導電性 凸部を介して内部電極と外部電極とが電気的に接続さ れ、導電性凸部の形成されていない内部電極には、前記 突起が接触しないため確実に絶縁される。

[0014]

【実施例】以下、本発明を具体化した実施例を図面を参 照して説明する。

【0015】図1に本発明による積層型圧電素子の断面 図を示す。圧電材料膜11と内部電極12とが交互に重 なる積層体の側面において、一層おきに導電性凸部16 が形成されると共に、素子の積層方向に全ての圧電材料 膜11にかかるように絶縁膜13が形成されている。さ らに、その上には、突起15aを有した銅箔15が、外 部電極として形成され、この外部電極は、導電性凸部1 6を介して内部電極12と電気的に接続されている。

【0016】次に、図1に示される積層型圧電素子の製 造方法について図面を参照して説明する。

【0017】まず、PZT (チタン酸ジルコン酸鉛)を 主成分とする圧電材料を所望の組成に混合した後、85 0℃で仮焼成した粉末に5重量部のバインダーと微量の 30 可塑材および消泡剤を添加し、有機溶媒中に分散させス ラリー状にする。このスラリーをドクターブレード法に より所定の厚さに成形しグリーンシートとする。このグ リーンシート上に内部電極12としてPd(パラジウ ム)ペーストをスクリーン印刷し、所定寸法に打ち抜い たものを所定枚数積層し熱プレスにより一体化する。脱 脂後、約1200℃で焼結を行い、図2に示すように、 内部電極12が一層おきに露出するような位置で切断し た焼結体21に、仮の外部電極22、23を塗布焼き付 けし、さらに別の一対の側面24、25が露出するよう に切断する。

【0018】そして、焼結体21の一方の側面24にお いて、導電性凸部16を形成する部分を残して他の全て の部分をテープでマスキングし、かつ他方の側面25全 体をテープでマスキングした状態で、直流電源の負極に 仮の外部電極22を接続してニッケルメッキ浴中に沈め る。この状態で50mAの電流を約5分間流すと、仮の 外部電極22につながる内部電極12にニッケルメッキ が成長し、マスキングテープを剥すと、図3に示すよう に、ニッケルメッキ製の導電性凸部16が一層置きに形 50 6の形成されていない内部電極12には、突起15aが

成された状態となる。次に、反対側の側面25にも層を ずらして導電性凸部16を形成するべく、既に導電性凸 部16が形成された側面24の全体と、側面25の一部 分とをテープでマスキングして保護した後、負極を仮の 外部電極23に接続してニッケルメッキを成長させる。 これにより、側面25においても側面24と一層ずつず れて導電性凸部16が形成される。

4

【0019】洗浄後、直流電源の負極を仮の外部電極2 2、23に接続し、所定量の顔料を添加したエポキシカ チオン電着塗料浴中に沈め、100Vの電圧を2分間か けると、図4に示すように、導電性凸部16が形成され ている内部電極12は、導電性凸部16の表面に、エポ キシカチオン電着途料が電着し、導電性凸部16が形成 されていない内部電極12は、その端部にエポキシカチ オン電着塗料が電着する。その後、オーブン中で150 ℃で30分間加熱処理すると、エポキシ樹脂成分が硬化 する過程で流動性を持つため、図5に示すように平坦化 され、絶縁膜13となる。

【0020】また、焼結体21とは別に、図6に示すよ うに、ローラー等で加工することにより銅箔15の片面 に突起15 aを多数形成し、その表面に熱硬化性のエポ キシ系接着剤を塗布したものを用意しておく。この突起 15aは、導電性凸部16の幅の約4分の1程度の幅で 形成され、また、隣合う導電性凸部16同志の間にこの 突起15aが3個程度存在するような間隔で形成されて いる。

【0021】これを図7に示すように焼結体21の側面 24、25にそれぞれの導電性凸部にかかるような大き さに切断し、突起15aと絶縁膜13とが向かい合うよ うに仮止めする。そして、ほぼ180℃に熱した一対の 平面状の加圧用治具(図7は一側面がわのみ図示)53 ではさみ、数kgの荷重をかけて熱圧着すると、導電性 凸部の部分のみが他の部分よりも高い圧力で部分的に加 圧され、その結果、図1に示すように高い圧力で加圧さ れた部分のみ銅箔15の突起15aが、絶縁膜13を突 き破り、導電性凸部16と接触し、一層置きの内部電極 12が銅箔15とが接続された状態となる。

【0022】そして、互いに反対向きの各側面24,2 5で層をずらして一層置きの各内部電極12に銅箔15 40 を接続した焼結体21は、素子1個分に切断された後、 銅箔15の一部に電力供給用のリード線を取り付け、樹 脂外装および分極処理を施して完成品となる。

【0023】このように、本実施例の積層型圧電素子に おいては、絶縁膜13を突き破り導電性凸部16と接触 する突起15aが、外部電極15と一体的に形成されて おり、しかも高さが一様に等しく形成されているので、 各導電性凸部16に対して、少なくとも一つの突起15 aが確実に接触し、導電性凸部を介して内部電極12と 外部電極15が電気的に接続され、また、導電性凸部1

5

接触しないため確実に絶縁される。

【0024】また、突起15aを有していることにより、従来と比較して、外部電極15と素子本体との接着面積が増加し、外部電極15と素子本体とを強力に接着することができるので、剥がれ等の不良を防止することができる。

【0025】さらに、本実施例においては、各突起15 aを導電性凸部16の幅の約4分の1程度の幅で、比較的狭く形成しているので、絶縁膜13を突き破りやすく、比較的弱い圧力で内部電極12と銅箔15を接続す 10 ることができる。そして、突起15aは、隣合う導電性凸部16同志の間に、3個程度存在するような間隔で形成されているので、導電性凸部16の数に対して、突起15aが多数存在し、その配列方向に位置決めすることなく銅箔15を圧着しても、いずれかの突起15aを各導電性凸部16に確実に接触させることができる。

【0026】尚、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、その主旨を逸脱しない限り種々の変更を加えることができる。例えば、ニッケルメッキの代わりにクロムメッキや銅メッキを用いても同様の効果を得ることができる。また、一層置きの各導電性凸部に接続可能であれば、突起の数、幅及び間隔は任意に変更可能であり、その形状は、矩形だけでなく、先端が細くなった山型形状や波型形状に形成しても良い。

[0027]

【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本

【図1】

発明の積層型圧電素子によれば、外部電極と内部電極と を一層おきに確実に接続することができるので、導通不 良や絶縁不良の発生を防止することができ、また、外部 電極を積層体に強力に接着することができるので、剥が れ等の不良を防止することができる。

6

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本実施例の積層型圧電素子の断面図である。
- 【図2】切断された積層焼結体の斜視図である。
- 【図3】 導電性凸部が形成された状態の焼結体の斜視図である。

【図4】エポキシカチオン電着塗料が電着された状態を示す断面図である。

【図5】エポキシカチン電着塗料が加熱により流動した 状態を示す断面図である。

【図6】突起が形成された銅箔の断面図である。

【図7】突起を形成した銅箔を積層体に加圧する状態を 示す説明図である。

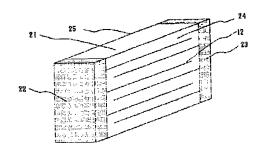
【図8】従来の積層型圧電素子の説明図である。

【図9】従来の積層型圧電素子の説明図である。

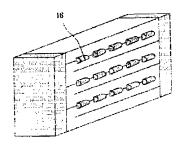
20 【符号の説明】

- 11 圧電材料膜
- 12 内部電極
- 13 絶縁膜
- 15 銅箔
- 15a 突起
- 16 導電性凸部

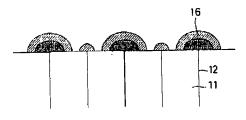
16 13 15 15a 【図2】

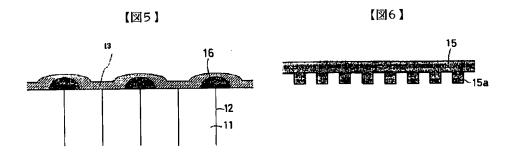


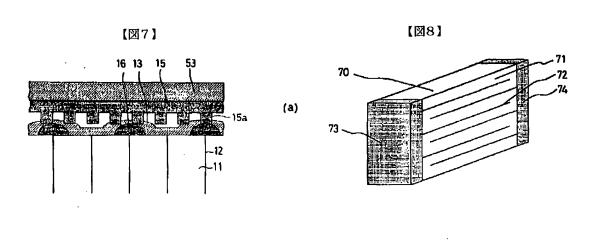
【図3】

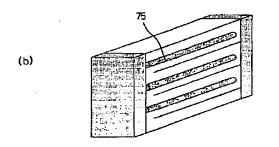


【図4】

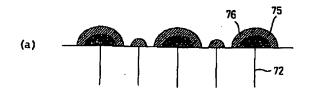


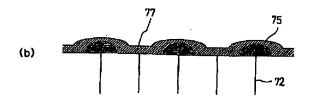


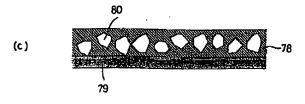


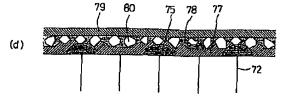


【図9】









DERWENT-ACC-NO: 2001-182494

DERWENT-WEEK: 200203

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezo element with multilayer structure has piezo layers consisting of continuous foil folded during manufacture with electrically conducting electrodes

INVENTOR: BOECKING, F; SUGG, B

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028188 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES MAIN-IPC
DE 19928188 A1 December 6, 2001 N/A 000
H01L 041/047
WO 200079610 > December 28, 2000 G 017
H01L 041/083

DESIGNATED-STATES: CN HU JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC N L PT SE

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO

APPL-DATE

DE 19928188A1 N/A 1999DE-1028188 June

19, 1999

WO N/A 2000WO-DE01342 April 28,

2000

A1

200079610A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083; H01L041/09; H02N002/00

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079610A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezo element has a multilayer structure of piezo

layers (4) with intermediate inner electrodes (6,7) and an alternating contacting of the inner electrodes via outer electrodes (9,10). The individual

piezo layers consist of a continuous foil (2) that is folded during manufacture

and that is wholly or partly provided with electrically conducting electrodes.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a method of manufacturing a piezoelement.

USE - For a piezoelectric actuator, e.g. for actuating a mechanical component such as a valve.

ADVANTAGE - Surfaces between lateral notches can be metallised without adversely affecting the inner electrodes.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezo element structure

piezo layers 4

inner electrodes 6,7

outer electrodes 9,10

foil 2

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

TITLE-TERMS:
PIEZO ELEMENT MULTILAYER STRUCTURE PIEZO LAYER
CONSIST CONTINUOUS FOIL FOLD
MANUFACTURE ELECTRIC CONDUCTING ELECTRODE

DERWENT-CLASS: V06 X25

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U; X25-L01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130313

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum 28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 00/79610 A1

(51) Internationale Patentklassifikation7: 41/047

H01L 41/083,

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE00/01342

(22) Internationales Anmeldedatum:

28. April 2000 (28.04.2000)

(25) Einreichungssprache:

199 28 188.2

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SUGG, Bertram

[DE/DE]; Friedrich-Schaffert-Strasse 8, D-70839 Gerlingen (DE). BOECKING, Friedrich [DE/DE]; Kahlhieb 34, D-70499 Stuttgart (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

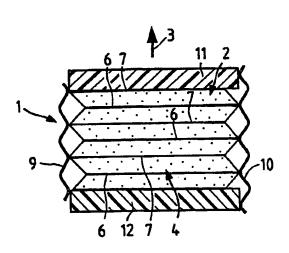
Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Anderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZO-ELEMENT COMPRISING A MULTILAYER STRUCTURE THAT IS PRODUCED BY FOLDING

(54) Bezeichnung: PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCHICHTAUFBAU



The invention relates to a (57) Abstract: piezo-element comprising a multilayer structure of piezo-layers (2; 20) with electrodes (6, 7; 21, 22) arranged therebetween. The inventive piezo-element is provided with a mutual lateral contacting of said electrodes (6, 7; 21, 22) that is effected by outer electrodes (9, 10). The individual piezo-layers (4) are comprised of a continuous film (2; 20) which can be folded during production and which is partially or completely provided with the electrically conductive electrodes (6, 7; 21, 22). The piezo-layers (2, 20) are formed by folding said film at notches (5, 5.1, 5.2) placed at predetermined intervals in a manner that is transversal to the direction of folding, whereby the inner electrodes (6, 7; 21, 22) are formed by the metallized layers located on the inner side of the notches (5, 5.1, 5.2) after folding.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2; 20) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6, 7; 21,

22) vorgeschlagen, das mit einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6, 7; 21, 22) über Aussenelektroden (9, 10) versehen ist. Die einzelnen Piezolagen (4) bestehen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie (2; 20), die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6, 7; 21, 22) versehen sind. Die Piezolagen (2; 20) sind durch Faltung an in vorgegebenen Abständen quer zur Faltrichtung angebrachten Kerben (5, 5.1, 5.2) gebildet, wobei die Innenelektroden (6, 7; 21, 22) durch die nach der Faltung an der Innenseite der Kerben (5, 5.1, 5.2) liegenden metallisierten Schichten gebildet werden.

PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCHICHTAUFBAU

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und ein Verfahren zu dessen Herstellung, beispielsweise für einen Piezoaktor zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebe-

reiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Die jeweiligen Innenelektroden sind hierbei jeweils gegenüber den Außenelektroden um einen Bereich versetzt, damit hier kein Kurzschluß erfolgt. Der Aufwand beim Stapeln der einzelnen Piezolagen ist dabei sehr hoch, da bis zu mehreren Hundert einzelne Folienschichten separat verarbeitet werden müssen.

Vorteile der Erfindung

Das eingangs beschriebene Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen, mit dazwischen angeordneten Elektroden und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden, kann in vorteilhafter Weise Bestandteil eines Piezoaktors sein, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen benutzt werden kann. Erfindungsgemäß bestehen die einzelnen Piezolagen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie aus Piezokeramik, die ganz oder teilweise auf ihre Oberfläche mit elektrisch leitenden Elektroden versehen sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Folie zur Herstellung der Elektroden ganz oder teilweise metallisiert und die Piezolagen sind durch Faltung an, in vorgegebenen Abständen quer zur Faltrichtung angebrachten, Kerben gebildet, wobei die Innenelektroden durch die nach der Faltung an der Innenseite der Kerben liegenden metallisierten Schichten zwischen den Piezolagen gebildet sind

und an der Außenseite der Kerben die metallisierten Schichten durch die Kerben unterbrochen sind.

Die metallisierten Schichten können beispielsweise durch Bedrucken oder Sputtern aufgebracht werden. Die Innenelektroden sind dabei an den nach der Faltung nach außen ragenden Innenseiten der Kerben mit den Außenelektroden kontaktiert. Der Kerbwinkel α ist dabei individuell an die Dicke der Folie oder sonstige Gegebenheiten anpassbar.

In vorteilhafter Weise können an mindestens an einer Seite der Folie jeweils nur jede zweite Fläche zwischen den Kerben metallisiert werden, ohne die Bildung der Innenelektroden zu beeinträchtigen.

Jeweils außen im Kerbbereich der gefalteten Folie können auf einfache Weise Außenelektroden zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht, bzw. die Innenelektrode, angebracht werden, wobei die Außenelektroden aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bzw. auch aus einer Wellelektroden bestehen können.

Um das gesamte Piezoelement nach außen zu isolieren, ist der Mehrschichtaufbau der Piezolagen jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte versehen.

Bei einem vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements der zuvor beschriebenen Art werden folgende Herstellungsschritte durchgeführt:

- Die Piezofolie wird in der Breite des Piezoelements geschnitten und in vorgegebenen Abständen jeweils wechselseitig mit Kerben versehen.
- Auf beiden Seiten wird nunmehr die Piezofolie ganz oder teilweise metallisiert.
- Die Piezofolie wird dann an den Kerben, jeweils um die Innenseite der Kerbe gefaltet.

- Die Außenelektroden werden an die Innenelektroden, im Biegebereich in der nach der Faltung nach außen ragenden Innenseite der Kerbe, z. B. angelötet.
- Auf die äußeren Piezolagen wird jeweils eine elektrisch isolierende Kopf- und Fussplatte aufgebracht.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoelements zur Bildung eines Piezoaktors wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Mehrschichtaufbau des Piezoelements aus einer Piezofolie, der durch Faltung an Kerben hergestellt ist:

Figur 2 eine Detailansicht einer gekerbten Folie mit durchgehender Metallisierung und

Figur 3 eine Detailansicht einer gekerbten Folie mit teilweiser Metallisierung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist ein Piezoelement 1 zur Bildung eines Piezoaktors gezeigt, der aus einer Piezofolie 2 eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung eine mechanische Reaktion des Piezoaktors in Richtung des Pfeiles 3 erfolgt.

Aus der Figur 1 ist erkennbar, dass Piezolagen 4 durch eine Faltung der Piezofolie 2 gebildet sind, die im Zustand vor ihrer Faltung in Figur 2 gezeigt ist. Die Piezofolie 2 ist vor der Faltung in der Breite des Piezoelements 1 geschnitten worden und auf beiden Seiten metallisiert, damit sich Elektroden herausbilden, die nach der Faltung jeweils wechselseitig als Innenelektroden 6 und 7 wirken.

In der Figur 2 ist gezeigt, dass die Piezofolie 2 vor der Faltung mit Kerben 5 (d.h. im dargestellten Ausschnitt 5.1, 5.2) versehen worden ist, die dabei wechselseitig in die Folie 2 eingebracht sind und in etwa einen Winkel α umfassen. Die Faltung erfolgt hier z.B. in der Kerbe 5.1 um den Pfeil 8, so dass sich hier auf der linken Seite eine der Innenelektroden (z.B. die Innenelektrode 6) nach dem Aufeinanderklappen herausbildet. Auf der rechten Seite entstehen jeweils auch beiderseits der offenen Seite der Kerbe 5.1 die anderen Innenelektroden (hier eine der Innenelektroden 7).

Das so gefaltete Paket der Piezolagen 4 wird nach dem laminieren und sintern mit Außenelektroden 9 und 10 versehen, die beim gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils aus einer metallischen Wellelektrode bestehen. Im jeweiligen hervorstehenden Faltbereich der vorherigen Kerben 5 werden die Außenelektroden 9 und 10 mit der metallisierten Schicht auf den Piezolagen 4 elektrisch leitend verbunden, so dass eine elektrische Spannung auf die Innenelektroden 6 und 7 zur Erzeugung des Piezoeffekts aufbringbarist.

Auf die äußeren Piezolagen 4 ist noch jeweils eine elektrisch isolierende Kopfplatte 11 und eine Fussplatte 12 aufgebracht, durch die das gesamte Piezoelement 1 nach außen hin abisoliert werden kann.

Nach Figur 3, die eine Piezofolie 20 im Zustand vor ihrer Faltung zeigt, werden in Abwandlung zur Piezofolie 2 nach der Figur 2 nur Teilbereiche der Piezofolie 20 mit Elektroden 21 und 22 versehen. Diese Elektroden 21 und 22 sind jeweils wechselseitig auf eine der gegenüberliegenden Seiten der Piezofolie 20 aufgebracht, so dass sich ebenfalls Piezolagen 4 wie anhand der Figur 1 beschrieben, ausbilden, jedoch weisen die resultierenden Innenelektroden 21 und 22 hier eine geringere Dicke auf, da sie nur durch eine einseitige Beschichtung gebildet sind.

<u>Patentansprüche</u>

- 1) Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (4) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6,7;21,22) und mit
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6,7;21,22) über Außenelektroden (9,10), wobei
- die einzelnen Piezolagen (4) aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie (2;20) bestehen, die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6,7;21,22) versehen sind.
- 2) Piezoelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Folie (2;20) zur Herstellung der Elektroden (6,7;21,22) ganz oder teilweise metallisiert ist, dass

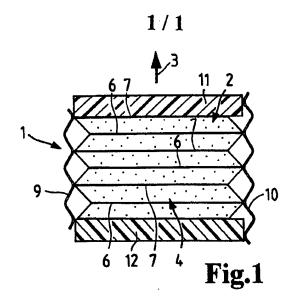
the transfer of the second of the

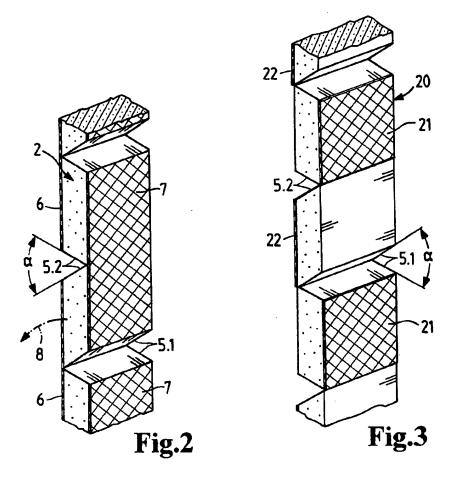
- die Piezolagen (2;20) durch Faltung an in vorgegebenen Abständen quer zur Faltrichtung angebrachten Kerben(5,5.1,5.2) gebildet sind, wobei die Innenelektroden (6,7;21,22) durch die nach der Faltung an der Innenseite der Kerben (5,5.1,5.2) liegenden metallisierten Schichten gebildet sind und an der Außenseite der Kerben (5,5.1,5.2) die metallisierten Schichten unterbrochen sind und dass
- die Innenelektroden (6,7;21,22) an den nach der Faltung nach außen ragenden Innenseiten der Kerben (5,5.1,5.2) mit den Außenelektroden (9.10) kontaktiert sind.
- 3) Piezoelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- mindestens an einer Seite der Folie (20) jeweils nur jede zweite Fläche zwischen den Kerben (5,5.1,5.2) metallisiert ist.
- 4) Piezoelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden (9,10) aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bestehen.
- 5) Piezoelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden aus Wellelektroden (9,10)bestehen.
- 6) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Mehrschichtaufbau der Piezolagen (4) jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte (11,12) versehen ist.
- 7) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Piezoelement (1) Bestandteil eines Piezoaktor ist, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen heranziehbar ist.
- 8) Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Piezofolie (2;20) in der Breite des Piezoelements
 (1) geschnitten und in vorgegebenen Abständen jeweils wechselseitig mit Kerben (5,5.1,5.2) versehen wird, dass
- die Piezofolie (2;20) auf beiden Seiten ganz oder teilweise metallisiert wird, dass
- die Piezofolie (2;20) an den Kerben (5,5.1,5.2), jeweils um die Innenseite der Kerbe (5,5.1,5.2) gefaltet wird und dass
- die Außenelektroden (9,10) durch löten an die Innenelektrode (6,7;21,22) im Biegebereich, in der nach der Faltung nach außen ragenden Innenseite der Kerbe (5), aufgebracht wird.
- 9) Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass
- auf die äußeren Piezolagen (4) vor dem sintern eine elektrisch isolierende Kopf- und Fussplatte (11,12) aus Piezokeramik aufgebracht wird.

BERICHTIGTES BLATT (REGEL 91) ISA / EP

WO 00/79610 PCT/DE00/01342





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat: il Application No PCT/DE 00/01342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L41/083 H01L41/047

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 $\begin{array}{ll} \text{Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)} \\ \text{IPC 7} & \text{H01L} \end{array}$

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUM	CUMENTS CONSIDERED TO SE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	
X	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, vol. 187, November 1979 (1979-11), pages 627-628, XP002148391	1	
A	ISSN 0374-4353 page 628, right-hand column; figures 2-4	5,8	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14 July 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP), 17 April 1989 (1989-04-17) abstract -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17 April 1989 (1989-04-17) page 2, right-hand column; figures -/	1	

Further documents are listed in the continuation of box C.	Y Patent family members are listed in annex.
Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filling date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filling date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 September 2000	17/10/2000
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 661 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Köpf, C

Form PCT/ISA/210 (account aheat) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internet 1 Application No
PCT/DE 00/01342

		PCT/DE 00/01342
	ntion) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Calegory °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 167 740 A (TOSHIBA ELECTRIC CO) 15 January 1986 (1986-01-15) page 3, line 35 -page 8, line 2; figures 3,4	1,2,8
A	3,4 EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document	4,5,7,8
	210 (continuation of second sheet) (July 1992)	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

. Immation on patent family members

Interna' vi Application No PCT/DE 00/01342

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 01097604	A	17-04-1989	NONE	
EP 0167740	A	15-01-1986	JP 61000753 A JP 61000754 A DE 3570123 D US 4725994 A	06-01-1986 06-01-1986 15-06-1989 16-02-1988
EP 0844678	A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

iles Aktenzeichen PCT/DE 00/01342

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01L41/083 H01L41/047

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L IPK 7

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, Bd. 187, November 1979 (1979-11), Seiten 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353	1
A	Seite 628, rechte Spalte; Abbildungen 2-4	5,8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14. Juli 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP), 17. April 1989 (1989-04-17) Zusammenfassung -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17. April 1989 (1989-04-17) Seite 2, rechte Spalte; Abbildungen -/	1

l I x I	Weitere Ve	öffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu
L^	entnehmen	

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- "A" Veröffentlichung, die den aligemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" ålteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhalt er-scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondem nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundellegenden Prinzips oder der ihr zugrundellegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer T\u00e4tigkeit beruhend betrachtet werden
- Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

26. September 2000

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni, Fax: (+31-70) 340-3016

17/10/2000 Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

Formblatt PCT/ISA/210 (Biatt 2) (Juli 1992)

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Informe siee Aktenzeichen
PCT/DE 00/01342

	ing) als wesentlich angesehene unterlagen	
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentilchung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 167 740 A (TOSHIBA ELECTRIC CO) 15. Januar 1986 (1986-01-15) Seite 3, Zeile 35 -Seite 8, Zeile 2; Abbildungen 3,4	1,2,8
A -	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument	4,5,7,8
		·

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichunge.., die zur selben Patentfamilie gehören

Interneti se Aktenzeichen PCT/DE 00/01342

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
JP	01097604	Α	17-04-1989	KEINE		
EP 016	0167740	01677 4 0 A	15-01-1986	JP JP DE US	61000753 A 61000754 A 3570123 D 4725994 A	06-01-1986 06-01-1986 15-06-1989 16-02-1988
EP	0844678	A	27-05-1998	DE JP	19648545 A 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998

Formbiatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2001-182491

DERWENT-WEEK: 200209

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelectric actuator e.g for fuel injection valve in motor vehicle, has mesh outer electrode in contact with inner electrodes, and expansion regions between contact points

INVENTOR: HEINZ, R

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028189 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PAGES LANGUAGE PUB-DATE PUB-NO MAIN-IPC H01L N/A 000 July 31, 2001 KR 2001072483 041/08 021 H01L G December 28, 2000 Α 041/047 000 N/A January 11, 2001 WQ 200079607 H01L 041/047 000 H01L June 27, 2001 G **A1** 041/047 000 N/A August 15, 2001 DE 19928189 A1 H01L 041/047 EP 1110249 A1 CZ 200100576 **A3**

DESIGNATED-STATES: CZ JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL P

T SE AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

APPLICATION-DATA: PUB-NO APPL

APPL-DESCRIPTOR

APPL-NO

APPL-DATE

KR2001072483A

N/A

2001KR-0701906

February 14, 2001

WO N/A

2000WO-DE01718

May 26,

2000

200079607A1

N/A

1999DE-1028189

June 19,

1999

DE 19928/189A1

N/A

2000EP-0945569

May 26,

2000

EP 1110249A1

N/A

2000WO-DE01718

May

26, 2000

EP 1110249A1

Based on N/A

WO 200079607 2000WO-DE01718 N/A May

EP 1110249A1

26, 2000 CZ

N/A

2001CZ-0000576

May 26, 2000

200100576A3

Based on

WO 200079607

N/A

CZ

200100576A3

CZ

200100576A3

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/08; H01L041/083;

H01L041/09;

H02N002/00

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079607A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The actuator has a multilayer

structure of piezo

layers and intermediate inner electrodes (2,3) with alternating lateral contacting of the inner electrodes by outer electrodes (6,7) carrying

an electric voltage. An outer electrode (7) in mesh form is distributed over one

side, contacts the inner electrodes at points with expansion regions between the contact points (8).

USE - E.g. for actuating a mechanical component such as a fuel injection valve in motor vehicle.

ADVANTAGE - Cracks caused by delamination are prevented.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezo actuator

inner electrodes 2,3

outer electrodes 6,7

contact points 8

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/13

TITLE-TERMS:
PIEZOELECTRIC ACTUATE FUEL INJECTION VALVE MOTOR
VEHICLE MESH OUTER ELECTRODE
CONTACT INNER ELECTRODE EXPAND REGION CONTACT

POINT

DERWENT-CLASS: V06 X22

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U03; X22-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130310

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum 28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 00/79607 A1

(51) Internationale Patentklassifikation7:

H01L 41/047,

41/083

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE00/01718

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. Mai 2000 (26.05.2000)

(25) Einreichungssprache:

199 28 189.0

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, KR, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

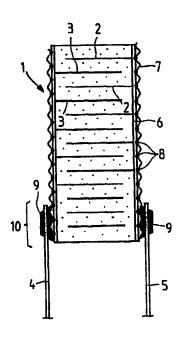
Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR WITH IMPROVED ELECTRODE CONNECTIONS

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR MIT VERBESSERTEN ELEKTRODENANSCHLÜSSEN



- (57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator, for example for actuating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator comprises a multi-layer structure of piezoelectric layers and inner electrodes (2, 3) that are interposed between said layers. A first outer electrode (6) is mounted on each lateral face that is connected to the respective inner electrodes (2, 3) and represents a conductive surface. An elastic contact which supplies an electric voltage is connected to a second mesh- or tissue-type outer electrode (7) via connections (4, 5, 15). Said outer electrode is located on the first outer electrode (6). The second outer electrode contact is connected at least in some points to the first outer contact (6) and is provided with elastic sections in the area of the contact surfaces or points (8; 14; 17). The connections are connected to one another either by a soldering contact (9) on an inactive zone (10) of the piezoelectric actuator or via a contact to clastic folded sections (11) or by point contacts (14, 17) by means of an undulated or comb-shaped wire (15).
- (57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) aufweist. Eine erste Aussenelektrode (6) ist als eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert ist. Eine elastische Kontaktierung zur Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt über Anschlüsse (4, 5, 15) an eine zweite netz- oder gewebeartige Aussenelektrode (7), die auf der ersten (6) angeordnet ist. Die zweite Aussenelektrode ist zumindest punktweise mit der ersten (6) kontaktiert und weist ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder -punkte (8; 14; 17) dehnbare Bereiche auf. Die Kontaktierung der Anschlüsse erfolgt entweder durch einen Lötkontakt (9) an einer inaktiven Region (10) des Piezoaktors, über einen Kontakt an elastischen

Falzbereichen (11) oder durch punktförmige Kontakte (14, 17) mittels eines gewellten oder kammförmigen Drahtes (15).

-1-

PIEZOAKTOR MIT VERBESSERTEN ELEKTRODENANSCHLÜSSEN

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen

(Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

Solche Piezoaktoren könne beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine storenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschlusselektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegen Seiten kontaktiert werden. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise mit dadurch weitergebildet, dass mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Scitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Zwischen den Kontaktierungen liegt hierbei jeweils ein dehnbarer Bereich und die Zuführung der elektrischen Spannung

erfolgt über Anschlüsse, die ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder zwischen den Kontaktierungspunkten dehnbare Bereiche aufweisen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist als eine erste Schicht der Außenelektrode beispielsweise eine Metallfläche auf jeweils einer Seitenfläche angeordnet, die mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Die netz- oder gewebeartige Schicht als zweite Außenelektrode ist dann über der ersten Schicht angeordnet, wobei diese zumindest punktweise mit der ersten Schicht kontaktiert ist und wobei hier ebenfalls zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt. Die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt dann auch hier über Anschlüsse an der zweiten Außenelektrode, die ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder zwischen den Kontaktpunkten dehnbare Bereiche aufweisen.

Die netz- oder gewebeartige Außenelektroden dienen zur Vermeidung von Querrissen, die von den Innenelektroden durch Delamination, wie eingangs erwähnt, auftreten können. Die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden können dabei in vorteilhafter Weise nur punktuell angelötet sein, damit keine großen Schubspannungen bei der Dehnung des Piezoaktors in den Außenelektroden entstehen, was das Abreißen der Elektroden zur Folge haben kann.

Bei einer weitergebildeten Ausführungsform können die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Lötkontakt erfolgen, der an einem Bereich des Lagenaufbaus des Piezoaktors angeordnet ist, der dadurch, dass die Innenelektroden nicht bis an den Rand des Piezoaktors geführt sind, keine aktive Längsdehnung aufweist.

Bei einer anderen Ausführungsform können die Anschlüsse für die elektrische Spannung in vorteilhafter Weise über einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich an einem Falzbereich der netz- oder gewebeartigen Außenelektrode befindet. Möglich ist hierbei, dass die Anschlüsse über einen flachen Draht erfolgen, der innen im Falzbereich angeordnet ist.

Weiterhin ist es möglich, dass die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Draht erfolgen, der linienförmig an dem sich über die ganze Länge des Piezoaktors erstreckenden Falzbereich angeordnet ist oder auch über einen seitlich oder senkrecht gewellten Draht und einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich punktweise an der gewebeartigen Außenelektrode befindet.

Ferner können die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils auch über eine Kammelektrode und einen Löt- oder Schweißkontakt erfolgen, der sich punktweise an den vorzugsweise elastischen Kämmen und der zweiten Außenelektrode befindet.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und

Innenelektroden sowie einer netzartigen Außenelektrode auf einer ersten flächigen Außenelektrode;

Figur 2 eine Draufsicht auf die netzartige Außenelektrode nach der Figur 1 mit den Anschlüssen für eine elektrische Spannung;

Figur 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich der elektrischen Anschlüsse;

Figur 4 eine Abwandlung des Beispiels nach der Figur 3 mit auf dem Falzbereich liegenden elektrischen Anschlüssen;

Figur 5 eine Abwandlung des Beispiels nach der Figur 4 mit einem in den Falzbereich gelegten Anschlussdraht;

Figur 6 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode durch Bügellöten mit der ersten Außenelektrode verbunden wird;

Figur 7 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode durch Crimpen mit dem Anschlussdraht verbunden wird:

Figur 8 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode auf der gesamten Länge des Piezoaktors durch Bügellöten oder Crimpen an einem Falzbereich mit dem Anschlussdraht verbunden wird;

Figuren 9, 10 und 11 jeweils Ansichten eines gewellten Anschlussdrahtes für die elektrischen Anschlüsse und

Figuren 12 und 13 zwei Ansichten eines kammartigen elektrischen Anschlussdrahtes.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 über elektrische Anschlüsse 4 und 5 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt. Aus Figur 2 ist eine Seitenansicht dieser Anordnung und aus Figur 3 ist ein Schnitt im Bereich der Anschlussdrähte 4 und 5 zu entnehmen.

Mit den Innenelektroden 2 und 3 steht eine erste flächige Außenelektrode 6 in Kontakt, die wiederum mit einer zweiten netzartigen Außenelektrode 7 über Punktkontakte 8, beispielsweise durch Löten oder Schweißen, kontaktiert ist. Die erste Außenelektrode 6 kann eine dünne, z.B. einige μm dicke, Schicht aus Ni, Ni+Cu oder Ni+PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors 1 haftet. Die Anschlussdrähte 4 und 5 sind mit der netzartigen Außenelektrode 7 an einer Kontaktstelle 9 durch Löten oder Schweißen verbunden. Zur Vermeidung des Abreißens der Lötstelle 9 ist im Piezoaktor 1 nach der Figur 1 eine passiver Fußbereich 10 vorgesehen, bei dem die Innenelektroden 2 und 3 nicht bis zu den Außenelektroden 6 und 7 geführt sind und daher keine mechanische Reaktionen aufgrund des Piezoeffekts auftreten. Die in der Beschreibungseinleitung erwähnten Nachteile durch eine ev. Rissbildung sind dadurch in dem Fußbereich 10 vermieden.

Aus Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel zu entnehmen, bei dem ein Bereich der Außenelektrode 7 zur Befestigung des Anschlussdrahtes 4 oder 5 gefalzt ist und dadurch eine Versteifung an der Lötstelle 9 und damit eine Rissbildung vermieden ist. Mann erhält somit über eine Höhe h einen elastischen Falzbereich 11 in dem der Piezoaktor 1 sich dehnen kann ohne dass der versteifende Anschlussdraht 4 oder 5 diese behindert. Vorteilhaft wäre hier insbesondere das Anschweißen des Anschlussdrahtes 4 oder 5, da somit kein Lot über die Strecke h fließen kann, was andernfalls zu einer Versteifung führen könnte. Ein passiver Fußbereich, wie anhand der Figuren 1 bis 3 vorgesehen, kann hier entfallen.

Bei der in Figur 5 gezeigten Abwandlung der Ausführungsform nach der Figur 4 ist der jeweilige Anschlussdraht 4 oder 5 im Inneren des Falzbereichs 11 angeschweißt.

Nach dem Ausführungsbeispiel aus Figur 6 ist ein flacher, innen angeschweißter Anschlussdraht 4 oder 5 vorgesehen, der es durch seine geringe Breite ermöglicht, mit Heizplatten 12 ein Bügellöten der netzartigen Außenelektrode auf der ersten Außenelektrode durchzuführen.

Aus Figur 7 ist eine Ausführungsform zu entnehmen, bei der der jeweilige Anschlussdraht 4 oder 5 eine über den Falzbereich 11 gelegte gecrimpte Schiene 13 ist.

Figur 8 zeigt eine Abwandlung der Befestigung der Anschlussdrähte 4 und 5, bei der ein durchgehender Draht über die gesamte Länge des Piezoaktors 1 geführt ist. Bei einem lokalen Löten oder Schweißen an der Falzstelle 11 ist das Auftreten von Ermüdungsrissen zwischen den Drähten 4 oder 5 und der jeweiligen Außenelektrode 7 auch hier vermindert.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 9 und Figur 10 sind die Anschlussdrähte 4 und 5 gewellt, so dass hierdurch eine Dehnbehinderung der Außenelektrode 7 verringert ist. Die Drähte 4 und 5 werden in Längsrichtung des Piezoaktors 1 an mehreren, kleinen Stellen 14 angeschweißt oder

angelötet. Die Drähte 4 und 5 sind nach der Figur 9 und 10 senkrecht zur Ebene der Außenelektrode 7 gewellt, so dass hier auch das anhand der Figur 6 erwähnte Bügellöten zur Anlötung der netzartigen Außenelektrode 7 an den Piezoaktor 1 bzw. an die erste flächige Außenelektrode 6 ohne große Behinderung möglich ist. Der vorher an die Außenelektrode 7 angeschweißte Draht 4 oder 5 kann als Halterung und zur Zentrierung beim Bügellöten herangezogen werden.

Einen flach auf die netzartige Außenelektrode 7 aufgelöteten oder aufgeschweißten gewellten Anschlussdraht 4 oder 5 zeigt Figur 11. Hier ist auch eine punktweise Kontaktierung an Stellen 14 vorgenommen, wodurch die Dehnfähigkeit der Außenelektrode 7 nicht behindert wird. Das Bügellöten der Außenelektrode kann auch hier durchgeführt werden, am einfachsten wenn der jeweilige Anschlussdraht 4 oder 5 erst danach aufgebracht wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt Figur 12 und 13, bei dem jeweils eine Sonderform eines Anschlussdrahtes 15 angebracht wird, bei dem elastische Füße 16 vorhanden sind, die sich kammartig zu Kontaktstellen 17 erstrecken, an denen sie an die jeweilige Außenelektrode 7 angelötet oder angeschweißt werden.

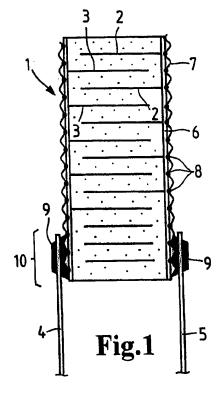
<u>Patentansprüche</u>

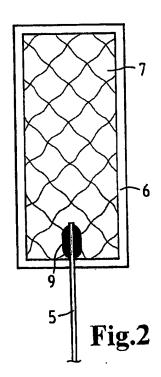
- 1) Piezoaktor, mit
- einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2,3),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2,3) über Außenelektroden (6,7), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
- eine Außenelektrode (7) netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht ist und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt und wobei
- die Zuführung der elektrischen Spannung über Anschlüsse (4,5;13;15) erfolgt, die ebenfalls zwischen den Bereichen der Kontaktfläche oder -punkte (8;14;17) dehnbare Bereiche aufweisen und/oder die an elastischen Falzbereichen (11) liegen.

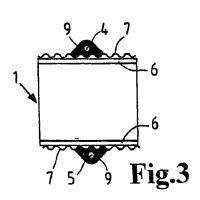
- 2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- als eine erste Außenelektrode (6) eine leitenue Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und die zweite netz- oder gewebeartige Außenelektrode (7) auf der ersten (6) angeordnet ist, wobei die zweite Außenelektrode zumindest punktweise mit der ersten (6) kontaktiert ist und wobei zwischen den Kontaktierungen (8;14;17) der dehnbare Bereich zu liegen kommt.
- 3) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Anschlüsse (4,5) für die elektrische Spannung über einen Lötkontakt (9) erfolgen, der an einem Bereich (10) des Lagenaufbaus des Piezoaktors (1) angeordnet ist, der dadurch, dass die Innenelektroden (2,3) nicht bis an den Rand des Piezoaktors (1) geführt sind, nahezu keine Längsdehnung aufweist.
- 4) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Anschlüsse (4,5;13) für die elektrische Spannung über einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich an dem Falzbereich (11) der zweiten Außenelektrode (7) befindet.

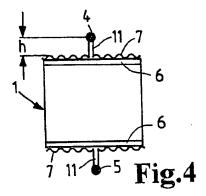
- 5) Piezoaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen flachen Draht (4,5) erfolgen, der innen im Falzbereich (11) angeordnet ist.
- 6) Piezoaktor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Draht (4,5) erfolgen, der sich über einen, über die ganze Länge des Piezoaktors (1) erstreckenden Falzbereich (11) erstreckt.
- 7) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils über einen seitlich oder senkrecht gewellten Draht (4,5) und einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt (14) erfolgen, der punktweise an der zweiten Außenelektrode (7) angeordnet ist.
- 8) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils über einen kammartigen Draht (15) und einen Löt- oder Schweißkontakt (17) erfolgen, der sich jeweils an den elastischen Kämmen (16) und der zweiten Außenelektrode (7) befindet.

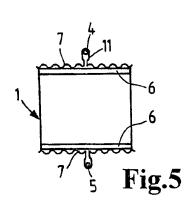
1/3

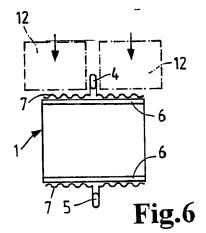








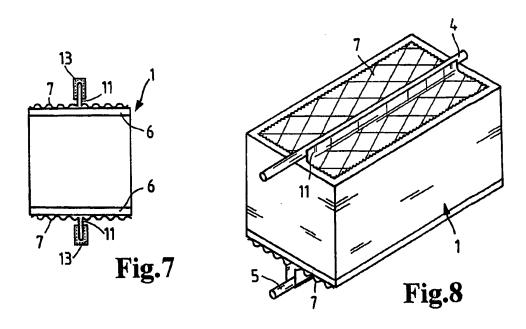


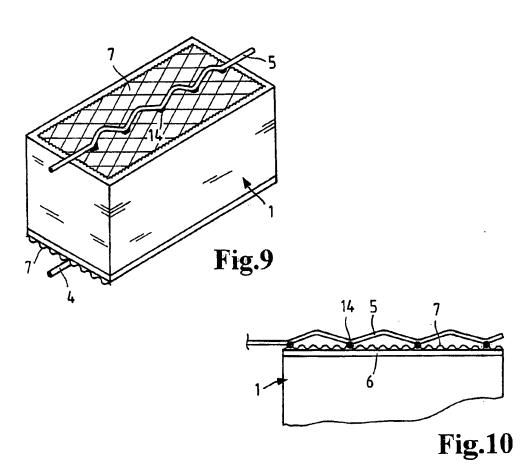


PCT/DE00/01718

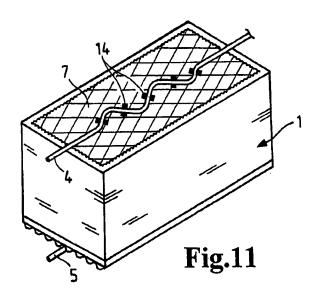
WO 00/79607 PCT/DE0

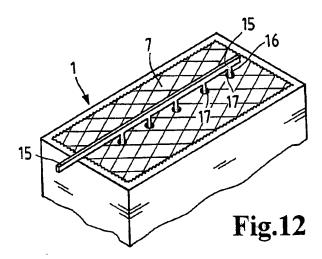
2/3

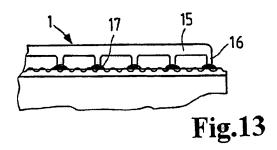




PCT/DE00/01718







INTERNATIONAL SEARCH REPORT

L .ational Application No PCT/DF 00/01718

	PCT/DE 00/01718		CT/DE 00/01718
a. classif IPC 7	HOTIL41/047 HOTIL41/083		
	International Patent Classification (IPC) or to both national class	ification and IPC	
B. FIELDS	SEARCHED currentation searched (classification system followed by classific	ration symbols)	
IPC 7	HOIL	guuri Symbols;	
Documentati	ion searched other than minimum documentation to the extent th	at such documents are included	I in the fields searched
	ata base consulted during the international search (name of data ternal, WPI Data, PAJ	base and, where practical, sea	arch terms used)
C. DOCUME	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the	relevant passages	Refevant to claim No.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document		1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 01, 29 January 1999 (1999-01-29) & JP 10 284763 A (CHICHIBU ONOI CORP), 23 October 1998 (1998-10- abstract -& JP 10 284763 A (CHICHIBU ONO CORP) 23 October 1998 (1998-10- paragraph '0019! - paragraph figure 3	D-23) DDA CEMENT -23)	1,2
X Furt	ther documents are listed in the continuation of box C.	Z Patent family me	embers are listed in annex.
° Special ca	ategories of cited documents :	"T" later document publish	ned after the international filing date
consi	ent delining the general state of the art which is not dered to be of particular relevance document but published on or after the international	or priority date and n cited to understand th invention	ot in conflict with the application but the principle or theory underlying the r relevance; the claimed invention
which citation "O" docum other	ent which may throw doubts on priority claim(s) or is cited to establish the publication date of another on or other special reason (as specified) nent referring to an oral disclosure, use, exhibition or means	involve an inventive : "Y" document of particula cannot be considere document is combine	d novel or cannot be considered to step when the document is taken alone r relevance; the claimed invention d to involve an inventive step when the ed with one or more other such docu- ation being obvious to a person skilled
"P" docum	nent published prior to the international filing date but than the priority date claimed	"&" document member of	the same patent family
1	actual completion of the international search	_	e international search report
	18 October 2000	25/10/20	UU
Name and	mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Köpf, C	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

It ational Application No PCT/DE 00/01718

C.(Continu	ation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to daim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 127 (E-501), 21 April 1987 (1987-04-21) & JP 61 272984 A (NEC CORP), 3 December 1986 (1986-12-03) abstract	1,3
A	DE 197 15 488 C (SIEMENS AG) 25 June 1998 (1998-06-25) column 1, line 3 -column 4, line 41; figures 1-3	1,4-6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 264 (E-282), 4 December 1984 (1984-12-04) & JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC), 4 August 1984 (1984-08-04) abstract -& JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC) 4 August 1984 (1984-08-04) figures 1,5	1,7,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31 January 1997 (1997-01-31) & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13 September 1996 (1996-09-13) abstract -& JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD) 13 September 1996 (1996-09-13) figures	

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

In attornal Application No
PCT/DE 00/01718

Patent docum cited in search		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 084467	8 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
JP 102847	63 A	23-10-1998	NONE	
JP 612729	184 A	03-12-1986	NONE	
DE 197154	188 C	25-06-1998	WO 9847187 A EP 0976165 A	22-10-1998 02-02-2000
JP 591357	/84 A	04-08-1984	NONE	
JP 082368	328 A	13-09-1996	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01718

A. KLASSIFIZ	ZIERUNG DES ANME	LDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7	H01L41/047	H01L41/083

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchlerter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01L

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument	1,2	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 01, 29. Januar 1999 (1999-01-29) & JP 10 284763 A (CHICHIBU ONODA CEMENT CORP), 23. Oktober 1998 (1998-10-23) Zusammenfassung -& JP 10 284763 A (CHICHIBU ONODA CEMENT CORP) 23. Oktober 1998 (1998-10-23) Absatz '0019! - Absatz '0023!; Abbildung 3 -/	1,2	

entren entren	
 Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist 	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prohitätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist 	kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. Oktober 2000	25/10/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Bevollmächtigter Bedlensteter Köpf, C
· unition into a series	

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

1

Siehe Anhang Patentfamilie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. .ationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01718

C.(Fortsetz	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN	In-to Assessed M-
Kategorie®	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 127 (E-501), 21. April 1987 (1987-04-21) & JP 61 272984 A (NEC CORP), 3. Dezember 1986 (1986-12-03) Zusammenfassung	1,3
A	DE 197 15 488 C (SIEMENS AG) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Spalte 1, Zeile 3 -Spalte 4, Zeile 41; Abbildungen 1-3	1,4-6
А	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 264 (E-282), 4. Dezember 1984 (1984-12-04) & JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC), 4. August 1984 (1984-08-04) Zusammenfassung -& JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC) 4. August 1984 (1984-08-04) Abbildungen 1,5	1,7,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31. Januar 1997 (1997-01-31) & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13. September 1996 (1996-09-13) Zusammenfassung -& JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD) 13. September 1996 (1996-09-13) Abbildungen	

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

r ationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01718

im Recherchenbericht ngeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0844678	A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
JP 10284763	Α	23-10-1998	KEINE	
JP 61272984	A	03-12-1986	KEINE	
DE 19715488	С	25-06-1998	WO 9847187 A EP 0976165 A	22-10-1998 02-02-2000
JP 59135784	Α	04-08-1984	KEINE	
JP 08236828	Α	13-09-1996	KEINE	

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentlamilie)(Juli 1992)